

# Sicherheitspotentiale durch Fahrradhelme

**Einordnung der Bedeutung des Fahrradhelmes bei den Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und Instrumente zur Erhöhung der Helmtragequote**

Forschungsauftrag an die HFC Human-Factors-Consult GmbH, Berlin im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg und des Thüringer Ministeriums für Bau, Landesentwicklung und Verkehr

## Endbericht

### Autoren

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Jürgensohn

M.Sc. Juliane Schwarz

B.Sc. Felix Kretschmer

Prof. Rainer Heß

Dipl.-Psych. Christina Platho

Aus Gründen der Lesbarkeit verzichten die Autoren darauf, konsequent männliche und weibliche Formen für Akteure zu verwenden.

|          |                                                                                                                                 |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>EINLEITUNG .....</b>                                                                                                         | <b>7</b>  |
| 1.1      | AUSGANGSLAGE .....                                                                                                              | 7         |
| 1.2      | ZIEL DER STUDIE .....                                                                                                           | 7         |
| 1.3      | HAUPTFRAGESTELLUNGEN .....                                                                                                      | 7         |
| 1.4      | HERANGEHENSWEISE.....                                                                                                           | 9         |
| <b>2</b> | <b>SICHERHEITSWIRKUNG DES FAHRRADHELMTRAGENS .....</b>                                                                          | <b>10</b> |
| 2.1      | ANALYSE DES VERLETZUNGSREDUKTIONSPOTENZIALS DES FAHRRADHELMS .....                                                              | 10        |
| 2.1.1    | <i>Vermeidbare Verletzungen durch Helmnutzung .....</i>                                                                         | <i>10</i> |
| 2.1.2    | <i>Ausgangslage der Literaturanalyse .....</i>                                                                                  | <i>11</i> |
| 2.1.3    | <i>Verminderung des Verletzungsrisikos .....</i>                                                                                | <i>12</i> |
| 2.1.4    | <i>Zusammenfassung und Wertung .....</i>                                                                                        | <i>22</i> |
| 2.2      | QUANTIFIZIERUNG DES SICHERHEITSGEWINNS DURCH HELMNUTZUNG .....                                                                  | 24        |
| 2.2.1    | <i>Hintergrund der Odds Ratios bei der Berechnung der Helmwirkung .....</i>                                                     | <i>25</i> |
| 2.2.2    | <i>Entwicklung eines Schätzers für AIS-bezogene Odds-Ratios .....</i>                                                           | <i>31</i> |
| 2.2.3    | <i>Ableitung der Gleichung zur Berechnung des Nutzens des Helmes.....</i>                                                       | <i>35</i> |
| 2.2.4    | <i>Abschätzung der Anteile der Kopfverletzungen in Abhängigkeit vom AIS-Grad .....</i>                                          | <i>35</i> |
| 2.2.5    | <i>Berechnung der absoluten Verletztenzahlen aus den amtlichen Statistiken.....</i>                                             | <i>38</i> |
| 2.2.6    | <i>Berechnung der Dunkelziffern .....</i>                                                                                       | <i>40</i> |
| 2.2.7    | <i>Differenzierung nach Altersklassen .....</i>                                                                                 | <i>43</i> |
| 2.2.8    | <i>Berechnung des Anteils der getöteten Radfahrer aus unterschiedlichen Klassen von Verletzungsschweren.....</i>                | <i>44</i> |
| 2.2.9    | <i>Berechnung der durch die Schutzwirkung des Helmes vermiedenen tödlich verunfallten Radfahrer in Deutschland.....</i>         | <i>49</i> |
| 2.2.10   | <i>Berechnung der durch die vermiedenen tödlich verunfallten Radfahrer in Deutschland ansteigende Zahl von Verletzten .....</i> | <i>50</i> |
| 2.2.11   | <i>Zusammenfassung .....</i>                                                                                                    | <i>51</i> |
| 2.3      | ERHÖHUNG DES RISIKOS FÜR STRANGULATIONS- UND ROTATIONSTRAUMATA DURCH DEN HELM .....                                             | 53        |
| 2.4      | RISIKOKOMPENSATION .....                                                                                                        | 53        |
| 2.4.1    | <i>Risikokompensation durch Radfahrende.....</i>                                                                                | <i>53</i> |
| 2.4.2    | <i>Risikokompensation durch Kraftfahrer bei Interaktion mit Radfahrenden .....</i>                                              | <i>55</i> |
| 2.5      | VERZERRUNGEN DURCH SELEKTIVES HELMTRAGEVERHALTEN .....                                                                          | 55        |
| <b>3</b> | <b>METHODEN ZUR ERHÖHUNG DER HELMTRAGEQUOTE.....</b>                                                                            | <b>56</b> |
| 3.1      | VERÄNDERUNG DER HELMTRAGEQUOTE MIT EINER HELMPFLICHT .....                                                                      | 59        |
| 3.1.1    | <i>Neuseeland.....</i>                                                                                                          | <i>59</i> |
| 3.1.2    | <i>Australien .....</i>                                                                                                         | <i>60</i> |
| 3.1.3    | <i>Kanada .....</i>                                                                                                             | <i>64</i> |
| 3.1.4    | <i>USA .....</i>                                                                                                                | <i>69</i> |
| 3.1.5    | <i>Finnland.....</i>                                                                                                            | <i>73</i> |
| 3.1.6    | <i>Schweden .....</i>                                                                                                           | <i>74</i> |

|          |                                                                                                            |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.7    | Durchsetzungsmaßnahmen (Enforcement)                                                                       | 80        |
| 3.1.8    | Zusammenfassung                                                                                            | 83        |
| 3.2      | ALTERNATIVE MAßNAHMEN ZU ERHÖHUNG DER HELMTRAGEQUOTE                                                       | 85        |
| 3.2.1    | Barrieren der Helmnutzung                                                                                  | 85        |
| 3.2.2    | Edukative Maßnahmen                                                                                        | 88        |
| 3.2.3    | Kampagnen zur Fahrradhelmnutzung                                                                           | 89        |
| 3.2.4    | Social Marketing                                                                                           | 92        |
| 3.2.5    | Kostenlose oder vergünstigte Helme                                                                         | 93        |
| 3.2.6    | Wirksamkeit alternativer Maßnahmen bei bestehender Helmpflicht                                             | 94        |
| 3.2.7    | Zusammenfassung                                                                                            | 95        |
| <b>4</b> | <b>QUANTITATIVE BERECHNUNG DER WIRKUNG EINER HELMPFLICHT</b>                                               | <b>96</b> |
| 4.1      | REPRÄSENTATIVEN TELEFONUMFRAGE ÜBER RADNUTZUNG, HELMNUTZUNG UND VERHALTEN BEI EINFÜHRUNG EINER HELMPFLICHT | 96        |
| 4.1.1    | Stichprobe                                                                                                 | 97        |
| 4.1.2    | Ergebnisse Radnutzung                                                                                      | 97        |
| 4.1.3    | Fahrstil, Risikowahrnehmung                                                                                | 102       |
| 4.1.4    | Helmnutzung                                                                                                | 105       |
| 4.1.5    | Verhalten bei Helmpflicht                                                                                  | 116       |
| 4.1.6    | Berechnungen von Parametern für die Kosten-Nutzen-Analyse                                                  | 120       |
| 4.1.7    | Zusammenfassung                                                                                            | 129       |
| 4.2      | QUANTIFIZIERBARE GESUNDHEITSEFFEKTE DES RADFAHRENS                                                         | 132       |
| 4.2.1    | Gesamtmortalität                                                                                           | 134       |
| 4.2.2    | Herz-Kreislauf-Erkrankungen                                                                                | 136       |
| 4.2.3    | Krebserkrankungen                                                                                          | 138       |
| 4.2.4    | Methodische Relativierung                                                                                  | 138       |
| 4.2.5    | Fazit und Ableitung von Ergebnissen für die quantitative Analyse                                           | 139       |
| 4.3      | RÜCKGANG DER RADNUTZUNG NACH EINFÜHRUNG EINER HELMPFLICHT                                                  | 146       |
| 4.3.1    | Neuseeland                                                                                                 | 147       |
| 4.3.2    | Australien                                                                                                 | 151       |
| 4.3.3    | Kanada                                                                                                     | 157       |
| 4.3.4    | USA                                                                                                        | 159       |
| 4.3.5    | Finnland                                                                                                   | 160       |
| 4.3.6    | Schweiz                                                                                                    | 161       |
| 4.3.7    | Vergleich mit Ländern ohne Helmpflicht                                                                     | 165       |
| 4.3.8    | Vergleich mit Mofafahrern                                                                                  | 169       |
| 4.3.9    | Zusammenfassung                                                                                            | 171       |
| 4.4      | QUANTIFIZIERUNG DER NEGATIVEN GESUNDHEITSWIRKUNG DURCH RÜCKGANG DES RADVERKEHRS                            | 174       |
| 4.4.1    | Summarische Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens                                                          | 176       |
| 4.4.2    | Einfluss einer Helmpflicht                                                                                 | 177       |
| 4.4.3    | Berücksichtigung des Modalsplits Fußgänger                                                                 | 177       |
| 4.4.4    | Gesamtberechnung                                                                                           | 178       |
| 4.4.5    | Berücksichtigung des Ausgleichs durch Sport                                                                | 178       |
| 4.4.6    | Zusammenfassung                                                                                            | 179       |
| 4.5      | QUANTIFIZIERUNG DER POSITIVEN WIRKUNG EINES RÜCKGANGS DES RADVERKEHRS                                      | 181       |
| 4.5.1    | Altersdifferenzierte Betrachtung                                                                           | 183       |

|          |                                                                                                                     |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.5.2    | Quantifizierung der positiven Wirkung eines Rückgangs des Radverkehrs mit Annahme eines konstanten Zeitbudgets..... | 183        |
| 4.6      | SAFETY IN NUMBERS .....                                                                                             | 184        |
| 4.6.1    | Zusammenfassung .....                                                                                               | 190        |
| 4.7      | KOSTEN-NUTZEN-ANALYSEN - EIGENER ANSATZ .....                                                                       | 191        |
| 4.7.1    | Vorgehen bei der Berechnung der Kosten und des Nutzens.....                                                         | 191        |
| 4.7.2    | Teilwerte.....                                                                                                      | 192        |
| 4.7.3    | Auswirkungen des Anstiegs der Helmtragequote .....                                                                  | 195        |
| 4.7.4    | Auswirkungen des Rückgangs des Fahrradverkehrs .....                                                                | 200        |
| 4.7.5    | Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses (BCR) .....                                                              | 203        |
| 4.7.6    | Break-Even-Analysen.....                                                                                            | 205        |
| 4.7.7    | Zusammenfassung eigener Kosten-Nutzen-Analysen und Break-Even-Berechnungen .....                                    | 208        |
| 4.8      | NUTZEN-KOSTEN-VERHÄLTNIS NACH SIEG .....                                                                            | 209        |
| 4.8.1    | Sicherheitseffekt des Helmes.....                                                                                   | 211        |
| 4.8.2    | Auswirkungen des Rückgangs der Fahrradnutzung .....                                                                 | 212        |
| 4.8.3    | Umweltkosten durch mehr Autonutzung .....                                                                           | 212        |
| 4.8.4    | Komfortverlust.....                                                                                                 | 213        |
| 4.8.5    | Kosten für die Helme .....                                                                                          | 213        |
| 4.8.6    | Gesamtbewertung.....                                                                                                | 213        |
| 4.8.7    | Kritik .....                                                                                                        | 214        |
| <b>5</b> | <b>HELMPFLICHT IM VERGLEICH .....</b>                                                                               | <b>216</b> |
| 5.1      | ANDERER MAßNAHMEN ALS DER HELM ZUR ERHÖHUNG DER VERKEHRSSICHERHEIT VON RADFAHRERN .....                             | 216        |
| 5.1.1    | Infrastrukturmaßnahmen.....                                                                                         | 217        |
| 5.1.2    | Fahrerassistenzsysteme.....                                                                                         | 222        |
| 5.1.3    | Rechtliche und Enforcement-Maßnahmen.....                                                                           | 223        |
| 5.1.4    | Maßnahmen zur Beeinflussung des Verkehrsverhaltens der verschiedenen Verkehrsteilnehmer .....                       | 225        |
| 5.1.5    | Übertragbarkeit auf Deutschland.....                                                                                | 225        |
| 5.1.6    | Zusammenfassung .....                                                                                               | 230        |
| 5.2      | VERGLEICH DER GEFÄHRlichkeit DES RADFAHRENS MIT ANDEREN MOBILITÄTSFORMEN .....                                      | 231        |
| 5.2.1    | Zusammenfassung .....                                                                                               | 233        |
| 5.3      | ANALYSE VON RAHMENBEDINGUNGEN, PRAKTISCHE, TECHNISCHE FRAGEN.....                                                   | 237        |
| 5.3.1    | Helmstandards .....                                                                                                 | 237        |
| 5.3.2    | Enforcement .....                                                                                                   | 241        |
| 5.3.3    | Fahrradverleihsysteme .....                                                                                         | 245        |
| 5.3.4    | Alternativen zum Fahrradhelm.....                                                                                   | 248        |
| 5.3.5    | Befragung von Fahrradhelshersteller und TÜV.....                                                                    | 251        |
| <b>6</b> | <b>RECHTLICHE BEWERTUNG DER EINFÜHRUNG EINER HELMPFLICHT .....</b>                                                  | <b>252</b> |
| 6.1      | AUSGANGSLAGE .....                                                                                                  | 252        |
| 6.1.1    | Rechtslage zur Helmpflicht bei Radfahrern .....                                                                     | 252        |
| 6.1.2    | Zivilrechtliche Sanktionen – Mitverschulden ? .....                                                                 | 253        |
| 6.2      | DAS JURISTISCHE MEINUNGSBILD ZUM FAHRRADHELM UND § 254 BGB.....                                                     | 254        |
| 6.2.1    | Das Urteil des BGH vom 17.6.2014 und seine Auswirkungen.....                                                        | 254        |
| 6.2.2    | Die Urteile der Instanzgerichte .....                                                                               | 256        |
| 6.3      | PROGNOSE DER ENTWICKLUNG IN DER RECHTSPRECHUNG .....                                                                | 260        |
| 6.3.1    | Prognose weiterer Entscheidungen zum Mitverschulden bei Alltagsradfahrern .....                                     | 260        |

|           |                                                                                                                                              |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.3.2     | <i>Prognose weiterer Entscheidungen zum Mitverschulden bei Rennradfahrern</i>                                                                | 260        |
| 6.3.3     | <i>Mitverschulden bei besonders gefährdeten Personengruppen – Senioren:</i>                                                                  | 261        |
| 6.3.4     | <i>Mitverschulden bei besonders gefährdeten Personengruppen – Kinder:</i>                                                                    | 262        |
| 6.3.5     | <i>Zusammenfassung</i>                                                                                                                       | 262        |
| 6.4       | KRITIK AN DER BGH-ENTSCHEIDUNG                                                                                                               | 263        |
| 6.4.1     | <i>Beweis</i>                                                                                                                                | 264        |
| 6.4.2     | <i>Besondere Risikoübernahme</i>                                                                                                             | 264        |
| 6.4.3     | <i>Kausalität</i>                                                                                                                            | 264        |
| 6.4.4     | <i>Quote</i>                                                                                                                                 | 265        |
| 6.5       | KINDER/AUFSICHTSPFLICHT                                                                                                                      | 266        |
| 6.5.1     | <i>Deliktsfähigkeit (§ 828 BGB)</i>                                                                                                          | 266        |
| 6.5.2     | <i>Zurechnung eines Verschulden des Aufsichtspflichtigen</i>                                                                                 | 267        |
| 6.5.3     | <i>Innenausgleich zwischen Schädiger und Aufsichtspflichtige</i>                                                                             | 268        |
| 6.6       | AUSWIRKUNGEN EINER HELMPFLICHT AUF HAFTUNGSFRAGEN                                                                                            | 269        |
| 6.7       | MÖGLICHKEIT ZUR VERMEIDUNG HAFTUNGSRECHTLICHER KONSEQUENZEN                                                                                  | 270        |
| 6.8       | VERFASSUNGSMÄßIGKEIT DER EINFÜHRUNG EINER SCHUTZHELPFLICHT VON RADFAHRERN (DE LEGE FERENDA)                                                  | 271        |
| 6.8.1     | <i>Die Einführung einer allgemeinen Helmpflicht für Radfahrer – Art. 2 GG (Allgemeine Handlungsfreiheit, Freiheit der Person)</i>            | 271        |
| 6.8.2     | <i>Die gesetzliche Einführung einer Helmpflicht nur für bestimmte Gruppen (Kinder, Senioren) Art. 3 I GG: Gleichbehandlungsgebot</i>         | 275        |
| 6.8.3     | <i>Verfassungsrechtliche Bewertung einer Helmpflicht für Kinder und Jugendliche</i>                                                          | 276        |
| 6.8.4     | <i>Verfassungsrechtliche Bewertung einer Helmpflicht für Senioren</i>                                                                        | 278        |
| 6.8.5     | <i>Verstoß gegen den Gleichheitsgrundsatz, weil nur Radfahrer und nicht andere Verkehrsteilnehmer (Fußgänger/Autofahrer) betroffen sind?</i> | 278        |
| 6.8.6     | <i>Fazit</i>                                                                                                                                 | 279        |
| 6.9       | PEDELEC – E-BIKES                                                                                                                            | 280        |
| 6.10      | FAHRRADKINDERSITZ/ FAHRRADANHÄNGER/ KINDERRÜCKHALTESYSTEM                                                                                    | 281        |
| 6.11      | IDENTIFIKATION EINES „GEEIGNETEN SCHUTZHELMES“                                                                                               | 282        |
| 6.12      | MIETRÄDER                                                                                                                                    | 283        |
| 6.13      | RIKSCHAS                                                                                                                                     | 283        |
| 6.14      | VERSICHERUNGSRECHTLICHE FRAGEN                                                                                                               | 283        |
| 6.14.1    | <i>Lohnfortzahlung und Fahrradhelm</i>                                                                                                       | 284        |
| 6.15      | SCHLUSSBETRACHTUNG                                                                                                                           | 284        |
| <b>7</b>  | <b>ZUSAMMENFASSUNG</b>                                                                                                                       | <b>286</b> |
| <b>8</b>  | <b>LITERATURVERZEICHNIS</b>                                                                                                                  | <b>295</b> |
| <b>9</b>  | <b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>                                                                                                                 | <b>321</b> |
| <b>10</b> | <b>TABELLENVERZEICHNIS</b>                                                                                                                   | <b>326</b> |
| <b>11</b> | <b>VERZEICHNIS DER EXKURSE</b>                                                                                                               | <b>330</b> |
| <b>12</b> | <b>ANHÄNGE</b>                                                                                                                               | <b>331</b> |
| 12.1      | ANHANG 1: ÜBERSICHT ÜBER DIE ODDS-RATIOS AUS DEN METAANALYSEN UND STUDIEN NACH 2009                                                          | 331        |
| 12.2      | ANHANG 2: FRAGEBOGEN DER EIGENEN TELEFONBEFRAGUNG                                                                                            | 336        |
| 12.3      | ANHANG 3: MATHEMATISCHES VORGEHEN BEI DER ENTWICKLUNG EINES SCHÄTZERS FÜR AIS-BEZOGENE ODDS-RATIOS                                           | 343        |
| 12.3.1    | <i>Fit der Odds-Ratios</i>                                                                                                                   | 343        |

|        |                                                                                                             |     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.4   | ANHANG 4: MATHEMATISCHES VORGEHEN BEI DER ABLEITUNG DER GLEICHUNGEN ZUR BERECHNUNG DES NUTZENS DES HELMES   | 344 |
| 12.4.1 | <i>Iterative Berechnung des absoluten Nutzens der Veränderung einer Helmtragequote über eine Simulation</i> | 348 |
| 12.5   | ANHANG 5: BERECHNUNG DER KOPFVERLETZUNGSQUOTEN FÜR AIS-SUMMENKLASSEN                                        | 349 |
| 12.6   | ANHANG 6: VORGEHEN BEI DER BERECHNUNG DER GESUNDHEITSWIRKUNG EINES RÜCKGANGS DER FAHRRADFÄHRLEISTUNG        | 350 |
| 12.6.1 | <i>Einfluss einer Helmpflicht</i>                                                                           | 354 |
| 12.6.2 | <i>Berücksichtigung des Modalsplits Fußgänger</i>                                                           | 355 |
| 12.7   | ANHANG 7: VORGEHEN BEI DER BERECHNUNG DER POSITIVEN WIRKUNG DES RÜCKGANGS DES RADVERKEHRS                   | 356 |
| 12.8   | ANHANG 8: PARAMETER FÜR DIE KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE                                                           | 357 |

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Das Land Baden-Württemberg und das Land Thüringen verfolgen das Verkehrssicherheitsleitbild „Vision Zero“: Langfristig sollen im Verkehr keine Menschen mehr getötet oder schwer verletzt werden. Das Tragen von Fahrradhelmen ist eine der Komponenten, mit denen man diesem Ziel näher kommen kann. Die Höhe des möglichen Beitrages von Fahrradhelmen zur Vision Zero ist zwischen Befürwortern und Gegnern einer Helmpflicht umstritten.

Nur wenige Verkehrssicherheitsthemen werden in Deutschland so emotional diskutiert wie die Schutzwirkung von Fahrradhelmen und die Einführung einer Radhelmpflicht. Bei dem heftigen Für und Wider wird mitunter wenig zwischen wissenschaftlich belegten Erkenntnissen und nicht evidenzbasierten Behauptungen getrennt.

## 1.2 Ziel der Studie

Ziel der Studie ist es, das Themengebiet Fahrradhelm und das Themengebiet Fahrradhelmpflicht möglichst umfassend wissenschaftlich zu bearbeiten und eine Grundlage für verkehrspolitische Entscheidungen zu schaffen. Es gilt, die Wirksamkeit des Helmes zu beweisen oder zu widerlegen und eine möglichst genaue quantitative Abschätzung der Sicherheitseffekte einer erhöhten Helmnutzung und möglicher Schäden durch negative Begleiterscheinungen vorzunehmen. Es gilt ferner, die mit der Einführung einer Helmpflicht zu erwartenden Implikationen aus rechtlicher Sicht und aus Sicht der Verkehrssicherheit zu durchleuchten und sie quantitativ und qualitativ zu bewerten. Schließlich gilt es, die öffentliche Diskussion durch eine umfassende Darstellung verfügbarer Informationen zu versachlichen. Wesentliches Element dabei ist die Diskussion der Verlässlichkeit der Datenlage und die Qualität wissenschaftlicher Befunde. Eine Hauptfragestellung der Studie ist es zu untersuchen, welche Daten als gesichert und welche als nur schätzbar anzusehen sind.

## 1.3 Hauptfragestellungen

Aus den eben dargestellten Zielen der Studie lassen sich folgende Hauptfragestellungen ableiten:

- Wie sind die oft gegensätzlichen Befunde über Themenkomplexe rund um den Fahrradhelm wissenschaftlich einzuordnen?
- Welche Fakten sind gesichert und was bedeuten sie für die untersuchte Problematik, wie sicher sind die daraus ableiteten Schlussfolgerungen?
- Inwieweit sind Befunde aus anderen Ländern auf Deutschland übertragbar?
- Wie können Kosten und Nutzen des Fahrradhelmsgebrauchs adäquat modelliert werden?
- Welche positiven und negativen Auswirkungen hätte die Einführung einer Helmpflicht in Deutschland?
- Wie kann die Helmtragequote mit anderen Maßnahmen als der Helmpflicht gesteigert werden?
- Gibt es Alternativen zum Helm als verkehrssicherheitserhöhendes Instrument?
- Wie ist eine mögliche Helmpflicht rechtlich einzuordnen?

Einer der Schwerpunkte der Studie wurde dabei auf die **Kosten-Nutzen-Analyse** einer möglichen Helmpflicht gelegt.

- Der **vermutete Nutzen** einer obligatorischen Helmpflicht besteht in der Hauptsache in einer Verminderung der schweren Verletzungen am Kopf durch eine Erhöhung der Helmtragequote.
- Die **vermuteten Kosten** sind zum einen *individuelle Kosten* wie z.B. ein möglicher erzwungener Fahrradhelmkauf und zum anderen *gesellschaftliche Kosten*, die durch einen möglichen Rückgang des Fahrradverkehrs verursacht werden.

Da Fahrradfahren als körperliche Betätigung die Gesundheit steigert, resultiert aus einem Rückgang der Fahrradnutzung in Folge einer Helmpflicht beispielsweise ein Kostenfaktor. Der Rückgang der Fahrradnutzung schlägt sich gleichzeitig auch auf der Nutzenseite nieder. Da Fahrradfahren im Vergleich (z. B. zur Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel) bei den derzeitigen Verkehrsverhältnissen ein höheres Unfallrisiko aufweist, erhöht sich durch den Rückgang der Fahrradnutzung und der damit verbundenen Verlagerung der Mobilität auf andere Verkehrsmittel die Verkehrssicherheit. Abbildung 1 zeigt einen Überblick über die wesentlichen in dieser Studie untersuchten Wirkbeziehungen bei Einführung einer Helmpflicht und die damit verbundenen Nutzen und Kosten.

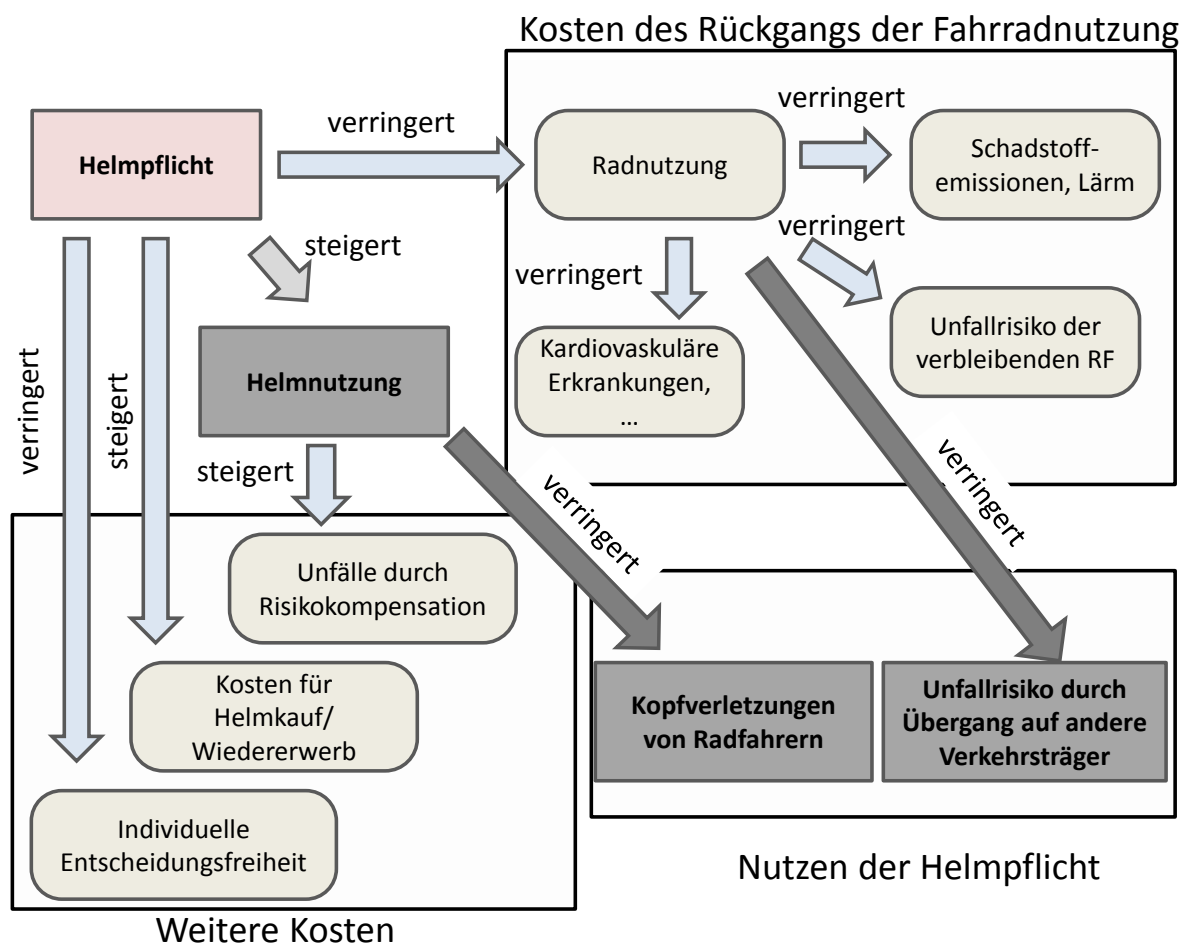


Abbildung 1: Untersuchte vermutete Vor- und Nachteile (Nutzen [eckig, dunkelgrau] und Kosten [rund, hellgrau]) einer Helmpflicht und ihre Wirkbeziehungen.



## 1.4 Herangehensweise

Die Studie basiert auf einer umfassenden Literaturanalyse, mathematischer Modellierung, einer repräsentativen Telefonbefragung und rechtlichen Würdigungen. Im Ergebnis der Studie können Aussagen über die Wirkung des Fahrradhelmes und die Konsequenzen einer Fahrradhelmpflicht getroffen werden.

Die untersuchten Fragestellungen sind hochkomplex. Nicht in allen Teilbereichen liegen detaillierte Eingangsdaten oder gesicherte Erkenntnisse über die Kausalität und Wirkbeziehungen vor. Um trotz dieser Unsicherheiten die größtmögliche Aussagekraft zu erzielen, wurde die Gesamtfragestellung in Teilfragestellungen aufgeteilt und für jede dieser Teilfragestellung der jeweils belastbarste Schätzer ermittelt.

## 2 Sicherheitswirkung des Fahrradhelmtragens

Im Rahmen dieses Kapitels soll geklärt werden, inwieweit Fahrradhelme ein geeignetes Instrument zur Erhöhung der Verkehrssicherheit von Radfahrenden sind. Es soll weiterhin geklärt werden, ob es negative Sicherheitseffekte gibt, die mit dem Helmtragen verbunden sind.

### 2.1 Analyse des Verletzungsreduktionspotenzials des Fahrradhelms

Die Wirkung des Schutzes durch den Helm wird in der Regel aus Fallkontrollstudien, durchgeführt in Krankenhäusern, ermittelt. Dazu werden die Verletzungsschweren der in Krankenhäusern eingelieferten Fahrradfahrer bezüglich der Art der Verletzung und bezüglich der Helmnutzung beim Unfall analysiert. Meist werden die Fälle in die zwei Gruppen –  $K$  und  $\bar{K}$  (Verletzung aber nicht am Kopf) – eingeteilt. Die Kopfverletzungen werden dann noch einmal in Kategorien unterschieden, die die Verletzung am Kopf (Kopf, Gehirn, Gesicht) und gegebenenfalls am Hals und der Halswirbelsäule oder die Schwere der Verletzung (AIS 1 bis AIS 6 oder Tod) differenzieren. Daraus werden dann in den Studien als Odds Ratio (OR) bezeichnete Verhältnisse ermittelt und veröffentlicht, die die Wirkung des Helmes widerspiegeln. Dabei gibt  $(1 - OR)$  in etwa die prozentuale Schutzwirkung des Helmes an. Beispielsweise deutet ein  $OR=0,2$  auf eine Wirkung von 80 % hin (siehe Kap. 2.2.1., S. 25)

Es lassen sich große Abweichungen der Schätzungen zur Unfallfolgenverminderung je nach Studie feststellen. Es werden positive Unfallfolgenverminderungspotentiale zwischen 6 und 93 % (Elvik R. , 2013; Thompson, Rivara, & Thompson, 1999; Amoros E. , Chiron, Martin, Thélot, & Laumon, 2012) angegeben. Neben methodischen Problemen bei kleinen Fallzahlen, ergeben sich die Unterschiede insbesondere daraus, dass die Wirkung des Helmes je nach Schwere der Verletzung unterschiedlich ausgeprägt ist. Da die Verletzungsschwere von der Art des Verkehrs abhängt, kann es schon deshalb zu Unterschieden kommen, weil die Studien unterschiedliche Einzugsgebiete haben oder in unterschiedlichen Staaten mit differierenden Verkehrsverhältnissen durchgeführt werden. Hinzu kommt, dass die Praxis des Einlieferns von Verletzten in die Krankenhäuser in unterschiedlichen Ländern unterschiedlich sein kann, und sich wegen der Abhängigkeit des OR von der Verletzungsschwere schon deshalb unterschiedliche Odds Ratios ergeben können.

Es existieren drei vielzitierte Metastudien (Thompson, Rivara, & Thompson, 1999; Attewell, Glase, & McFadden, 2001; Elvik R. , 2013), die die Mehrzahl der veröffentlichten Fall-Kontroll-Studien zusammenfassen. In der überwiegenden Mehrzahl der Veröffentlichungen, die sich mit der Wirkung des Fahrradhelms beschäftigen, wird auf Resultate dieser Metastudien zurückgegriffen. In diesen Metastudien fehlen allerdings viele neuere Erkenntnisse aus Fallstudien nach 2006. Die Autoren dieser Studie haben deshalb in ihrer Analyse der Unfallfolgenverminderungspotenziale auch neuere Studien eingeschlossen. In Anhang 1, S. 331 sind die wesentlichen Inhalte der analysierten Studien tabellarisch zusammengefasst.

#### 2.1.1 Vermeidbare Verletzungen durch Helmnutzung

Helme haben das Potential, die Anzahl und Schwere von Kopfverletzungen zu verringern. Untergliedert man den Kopf in kleinere Bereiche, kann gesagt werden, an welchen Stellen des Kopfes potentiell Schädel-Hirn-Verletzungen durch Helme vermindert und verhindert werden können. Der Gesichtsschädel, das Gesicht inklusive Ohren sowie der Nackenbereich werden von konventionellen Fahrrad-

helmen nur zum Teil abgedeckt und können damit auch nicht oder nur vergleichsweise schlecht geschützt werden.

Hynd, Cuerden, Reid und Adam (2009) analysierten englische Polizei- und Krankenhausdaten von Radfahrern zwischen 1999 und 2006. Dies ermöglichte unter anderem die Erstellung einer Übersicht über die Häufigkeit der Verletzung verschiedener Körperregionen bei Radfahrenden. Den Krankenhausdaten zufolge traten Kopfverletzungen neben Armverletzungen mit 39,8 % am häufigsten auf (siehe Abbildung 2), in der Unfalldatenbank waren Kopfverletzungen (inklusive Verletzungen am Gehirn) die häufigste Todesursache.

Mithilfe von GIDAS<sup>1</sup>-Daten konnten Otte et al. (2015) berechnen, dass 35 % der Radfahrenden, die sich bei Unfällen in Deutschland Verletzungen zuzogen, Kopfverletzungen davontrugen, wenn die Kollisionsgeschwindigkeit bis 40 km/h betrug. Bei über 40 km/h Kollisionsgeschwindigkeit waren dies schon 72 %.

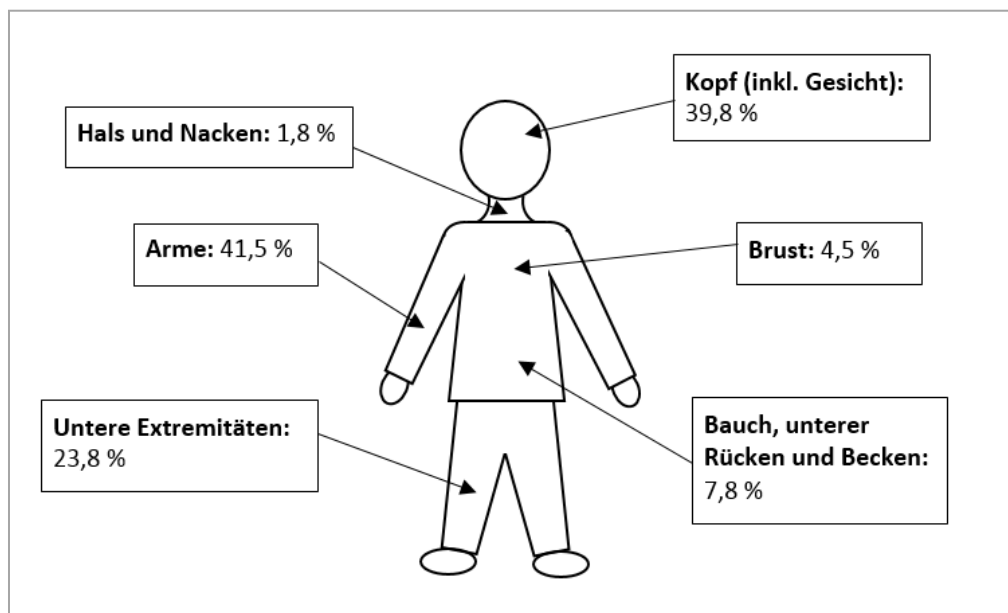


Abbildung 2: Verteilung der verletzten Körperregionen von verunfallten und medizinisch erfassten Fahrradfahrern zwischen 1999 und 2005 in England (Grafik angepasst aus Hynd et al., 2009).

## 2.1.2 Ausgangslage der Literaturanalyse

Es sind drei Arten von Studien denkbar, um die Schutzwirkung von Helmen zu bestimmen.

- **Kontrollgruppenstudie** mit randomisierter Zuweisung zu den Bedingungen „Radfahren nur ohne Helm“ und „Radfahren nur mit Helm“ würden die genauesten Ergebnisse liefern. Damit wäre ein exakter Vergleich der Gruppen bezüglich der Anzahl und Schwere an Kopfverletzungen in den nachfolgenden Jahren möglich. Entsprechende Daten sind allerdings in der Regel

<sup>1</sup> German In-Depth Accident Study; seit 1999 bestehendes Projekt der Bundesanstalt für Straßenwesen (Bast) und Forschungsvereinigung für Automobiltechnik (FAT) zur Analyse von Unfällen in Deutschland

nicht verfügbar. Schwere Kopfverletzungen ereignen sich nur selten. Daher müsste eine sehr große Menge von Radfahrenden einbezogen werden, um eine statistische Belastbarkeit der Aussagen zu erreichen. Derartige Studien wären aus praktischen, finanziellen und ethischen Gründen nicht umsetzbar.

- **Biomechanische Studien** können dazu dienen, Möglichkeiten zu identifizieren, die Schutzwirkung von Helmen zu verbessern. Sie erlauben allerdings keine Aussagen zu realen prozentualen Verringerungen von Verletzungszahlen durch das Tragen eines Helmes. Auf diese Studien wird in diesem Abschnitt daher nicht näher eingegangen.
- **Epidemiologische Studien** die auf Basis der Auswertung realer Unfälle basieren, erlauben hingegen eine Bewertung des Unfallverminderungspotentials. Die weiteren Ausführungen zur Schutzwirkung von Fahrradhelmen erfolgen daher auf Basis bestehender epidemiologischer Studien.

### 2.1.3 Verminderung des Verletzungsrisikos

Zur Abschätzung der Helmeffektivität bedarf es einer aussagekräftigen Schätzgröße, die außerdem als Ergebnisse verschiedener Studien vergleichbar ist. Der relative Rückgang an (Kopf-)Verletzungen durch Radunfälle in Abhängigkeit des Helmtragens kann als Odds Ratio (OR) in einer solchen Maßzahl angegeben werden. Odds Ratio (siehe Exkurs Odds Ratio) dient als Schätzer zur Verletzungsrisikoreduktion durch Helmtragen und ermittelt sich als Verhältnis von Verhältnissen jeweils der Anzahl von Helm tragenden Personen mit und ohne Kopfverletzung sowie den nicht Helm tragenden Personen mit und ohne Verletzung.

#### Exkurs Odds Ratio

| Anzahl an Personen...      | mit Helm       | ohne Helm            |
|----------------------------|----------------|----------------------|
| <b>mit Kopfverletzung</b>  | $N_{HK}$       | $N_{\bar{H}K}$       |
| <b>ohne Kopfverletzung</b> | $N_{H\bar{K}}$ | $N_{\bar{H}\bar{K}}$ |

$$OR = \frac{\frac{N_{HK}}{N_{H\bar{K}}}}{\frac{N_{\bar{H}K}}{N_{\bar{H}\bar{K}}}}$$

<sup>a</sup> N symbolisiert im weiteren „Anzahl“, H „Helmnutzung“, K „Kopfverletzung“, und ein Überstrich „nicht“ bzw. „ohne“.

Eine  $OR < 1,0$  bedeutet eine positive Schutzwirkung des Helmes, wobei bestenfalls eine  $OR = 0$  erreicht werden kann, was eine Reduktion der Verletzungsgefahr von 100% bedeutete. Eine  $OR \geq 1,0$  besagt ein erhöhtes Verletzungsrisiko bei Tragen eines Helmes.

#### Überblicksstudien bis 2009

Die Tabelle 1, Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 4 fassen die Ergebnisse der vier maßgeblichen Überblicksarbeiten zusammen.

- **Thompson et al. (1999)** analysierten Krankenhausdaten aus fünf Fall-Kontroll-Studien, die sie als qualitativ hochwertig einschätzten. Ihren Ergebnissen zufolge reduzieren Helme im glei-

chen Maße das Risiko für Schädel- und Hirnverletzungen, sowohl bei Kollisionen von Radfahrenden mit Autos als auch bei allen anderen Unfällen. Auch eine Verminderung des Verletzungsrisikos im mittleren und oberen Gesichtsbereich konnte nachgewiesen werden.

- **Attewell et al.** (2001) haben die Liste von Thompson et. al. zwei Jahre später um neun Studien erweitert. Dabei haben die Autoren auch andere Studiendesigns akzeptiert. Sie kamen zu dem Schluss, dass Helme das Risiko von schweren Kopfverletzungen und jenes zu sterben verringern.
- **Elvik** (2013) hat die derzeit aktuellste Metaanalyse verfasst. Darin wird die Untersuchung von Attewell et al. (2001) geprüft. Es korrigiert systematische Verzerrungen und ergänzt teilweise neuere Studien. Er findet ebenfalls eine Schutzwirkung von Helmen, die allerdings geringer als jene von Attewell et al. (2001) ausfällt. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass Elvik in seine Berechnung einen publication bias einführt, der nach unserer Ansicht für die Bewertung der Studienergebnisse nicht anwendbar ist <sup>2</sup>.
- **Hynd et al.** (2009) fasst Studienergebnisse von neun populationsbasierten und acht Studien mit Krankenhausdaten zusammen. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass passende und richtige getragene Helme das Risiko von Kopfverletzungen, speziell Schädelfrakturen, Kopfhautverletzungen und Hirnverletzungen, effektiv reduzieren sollten. Anders als in den drei übrigen Studien wurden die Studienergebnisse hier jedoch lediglich präsentiert, die Schutzwirkung des Helms aber nicht zu einem Gesamtschätzwert verrechnet.

Bei **Hynd et al.** (2009) werden keine Odds Ratios betrachtet. Die Studien **Thompson et al.** (1999), **Attewell et al.** (2001) und **Elvik** (2013) betrachten dagegen verunfallte Radfahrer jeden Alters und ermitteln für diese das Odds Ratio. Aus diesen drei Metaanalysen wurden für die vorliegende Studie Ergebnisse von 20 als qualitativ hochwertig eingeschätzte Studien aus den Jahren 1987 bis 2009 herangezogen. Weitere gesichtet Studien, die nach 2009 veröffentlicht wurden und die Effektivität von Fahrradhelmen untersuchen, wurden von der weiteren Analyse ausgeschlossen, wenn eine der folgenden Eigenschaften auf sie zutraf:

- Helmeffektivitätsschätzer liegt nicht als Odds Ratio vor (Voukelatos & Rissel (2010); Carpenter & Stehr (2011); Karkhaneh (2011); Walter, Olivier, Churches & Grzebieta (2011); Zhu et al. (2011); Castle, Burke, Arbogast & Upperman (2012); Juhra et al. (2012); Dennis, Ramsy, Turgeon & Zarychanski (2013); Karkhaneh, Rowe, Saunders, Voaklander & Hagel (2013); McIntosh et al. (2013); Meehan, Lee, Fischer & Mannix (2013); Olivier, Walter & Grzebieta (2013); Markowitz & Chatterji (2015)).
- Es wurde kein neuer Schätzer entwickelt, sondern aus anderen Studien übernommen (Walter, Achermann Stürmer, Scaramuzza, Nieman & Cavegn (2012); Gutsche, Hintzpeter, Neuhauser & Schlaud (2011); Rissel (2012)).
- Es liegt eine besondere Stichprobe vor: Radfahrer, die von der Polizei zu einem Alkoholtest aufgefordert wurden Orsi, Ferraro, Montomoli, Otte & Morandi (2014).

---

<sup>2</sup> Er postuliert darin nichtveröffentlichte Artikel, die eine schädigende Wirkung des Helmes als Ergebnis gehabt haben sollen. Dies erscheint vor in einer Gesamtschau aller veröffentlichten Ergebnisse, insbesondere der Ergebnisse der letzten fünf Jahre, ein nicht haltbarer Ansatz zu sein.

*Tabelle 1: Thompson, Rivara & Thompson (1999)*

| <b>Stichprobe</b>                                     | <b>verunfallte Radfahrer jeden Alters</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einschlusskriterien für betrachtete Studien           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Studiendesign: randomisierte und kontrollierte Studien</li> <li>• Überprüfung der Verletzungen anhand von Patientenberichten</li> <li>• Ermittlung der Helmnutzung beim Unfall</li> <li>• angemessene Wahl der Kontrollgruppe; Kontrollgruppe und Experimentalgruppe aus gleicher Population</li> <li>• Berücksichtigung von Störvariablen</li> </ul> |
| Mögliche abhängige Variablen der betrachteten Studien | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kopfverletzungen (Kopfhaut, Schädel, Gehirn)</li> <li>• Hirnverletzungen (Bewusstlosigkeit, Funktionsstörungen in Folge eines Traumas u.a.)</li> <li>• Hirnverletzungen mit AIS <math>\geq 3</math> (siehe Exkurs AIS-Skala)</li> <li>• Gesichtsfraktur oder Weichteilverletzung</li> </ul>                                                           |
| Anzahl eingeschlossener Studien, Studiendesigns       | 7 Fall-Kontroll-Studien                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Datenjahre                                            | 1980-1995                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ergebnis                                              | Fahrradhelme reduzieren gleichermaßen das Risiko von Schädel- und Hirnverletzungen, sowohl bei Unfällen mit Beteiligung von Autos als auch bei allen anderen Unfällen. Auch eine Verminderung des Verletzungsrisikos im mittleren und oberen Gesichtsbereich konnte nachgewiesen werden.                                                                                                       |

## Exkurs AIS-Skala

Um die Schwere von Verletzungen quantitativ und objektiv bewerten zu können, wurde in den USA 1971 die AIS-Skala (Abbreviated Injury Scale) eingeführt (Keller, 1971). Inzwischen ist die AIS universell akzeptiert und wird insbesondere in der Unfallforschung häufig eingesetzt (Appel, Krabbel, & Vetter, 2002; Haasper, et al., 2010). Der AIS-Katalog wird laufend weiterentwickelt und redigiert. Das letzte Update wurde 2008 veröffentlicht (Gennarelli & Wodzin, 2008). Die AIS-Skala ist eine Ordinalskala nach Überlebenswahrscheinlichkeit und bezieht sich auf eine definierte Einzelverletzung. Bei AIS 0 wird eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 100%, also eine Letalität von 0 und bei AIS 6 eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 0, also eine Letalität von 100% angenommen. Die Schwere einer Verletzung nimmt also mit dem AIS-Grad zu, wobei Verletzungsschwere in einem gewissen Sinne mit der Letalität gleichgesetzt wird. Das IFU-Lexikon des Instituts für Unfallanalysen (IFU, 2015) beschreibt die 7 AIS-Schweregrade wie folgt:

- AIS 0: keine Verletzung
  - AIS 1: leichte Verletzungen, wie oberflächliche Wunden, eine unkomplizierte Rippenfraktur, u. ä.
  - AIS 2: mäßige Verletzungen, wie tiefe Fleischwunden, Gehirnerschütterung mit Bewusstlosigkeit bis 15 Min., unkomplizierte Unterschenkelknochenfrakturen, eine unkomplizierte Rippenfraktur u. ä.
  - AIS 3: ernsthafte, nicht lebensgefährliche Verletzungen, wie Schädelbasisbrüche ohne Gehirnverletzungen, Wirbelfrakturen mit starker Einstauchung ohne Rückenmarkbeteiligung, Rippenserienfrakturen ohne paradoxe Atmung, u. ä.
  - AIS 4: ernsthafte Verletzungen (lebensgefährlich, Überleben wahrscheinlich), wie schwere Gehirnerschütterung mit Bewusstlosigkeit bis 24 Stunden, Aorteneinrisse, u. ä.
  - AIS 5: Kritische Verletzungen (lebensgefährlich, Überleben ungewiss), wie Wirbelsäulenfrakturen unterhalb des vierten Halswirbels mit Rückenmarkbeteiligung, schwere Darmrisse, Herzrisse, Schädigungen des Hirnstammes, u. ä.
  - AIS 6: Schwerste oder tödliche Verletzungen, wie Durchtrennung des Rückenmarks oberhalb des dritten Halswirbels, Kopfzertrümmerung oder kompletter Leberabriss, u. ä.
- AIS6-Verletzungen sind mit dem Leben nicht vereinbar.

Für die Klassifizierung einer spezifischen Verletzung (z.B. Kopfverletzung) in die AIS-Grade gibt es Code-Books. In der neuesten Ausgabe von 2008 werden 1999 verschiedene Codes beschrieben. Für die Beurteilung der Gesamtverletzungsschwere bei Mehrfachverletzungen und zur Abschätzung der Überlebenswahrscheinlichkeit des Patienten ist es oft praktikabler, mit dem höchsten Wert des AIS (MAIS, Maximum AIS) zu operieren. Die veröffentlichten Überlebenswahrscheinlichkeiten unterscheiden sich teilweise, je nachdem welche Datenbasis für die Berechnung herangezogen wurde (Haasper, et al., 2010).

Tabelle 2: Attewell, Glase & McFadden (2001)

| <b>Stichprobe</b>                                     | <b>verunfallte Radfahrer jeden Alters</b>                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einschlusskriterien für betrachtete Studien           | <ul style="list-style-type: none"><li>• englischsprachige Publikation in einem peer-reviewed Journal</li><li>• Informationen zur Helmnutzung</li><li>• keine Laboruntersuchung</li></ul> |
| Mögliche abhängige Variablen der betrachteten Studien | <ul style="list-style-type: none"><li>• Kopfverletzung</li></ul>                                                                                                                         |

- Hirnverletzung
- Gesichtsverletzung

|                                                 |                                                                                      |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl eingeschlossener Studien, Studiendesigns | 16 Studien, davon 3 Selbstberichte und 13 Fall-Kontroll-Studien mit Krankenhausdaten |
| Datenjahre                                      | 1980-1995                                                                            |
| Ergebnis                                        | Helme reduzieren das Risiko von schweren Kopfverletzungen und jenes zu sterben       |
| Anmerkungen                                     | Enthält auch die Studien von Thompson et al. (1999)                                  |

*Tabelle 3: Elvik (2013)*

| <b>Stichprobe</b>                                                                                                                                                                                    | <b>verunfallte Radfahrer jeden Alters</b>                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl eingeschlossener Studien, Studiendesigns                                                                                                                                                      | 16 Studien von Attewell et al. (2001) (3 Selbstberichte, 13 Fall-Kontroll-Studien mit Krankenhausdaten), 4 neuere Studien                                                                                             |
| Datenjahre                                                                                                                                                                                           | 1980-2006                                                                                                                                                                                                             |
| Ergebnis                                                                                                                                                                                             | Metanalyse von Attewell et al. (2001) wurde durch nicht kontrollierten Publikations-Bias <sup>a</sup> und time-trend-Bias <sup>b</sup> beeinflusst. Dies führt zur Überschätzung der Schutzwirkung von Fahrradhelmen. |
| Anmerkungen                                                                                                                                                                                          | Analyse von Attewell et al. (2001), um neuere Studien ergänzt                                                                                                                                                         |
| <sup>a</sup> Studien, die keine signifikanten, zu früheren Studien gegensätzliche oder nicht im Interesse der Geldgeber liegenden Ergebnisse gefunden haben, werden tendenziell nicht veröffentlicht |                                                                                                                                                                                                                       |
| <sup>b</sup> Tendenz von Studienergebnissen, sich im Laufe der Zeit zu verändern; trifft auf, wenn Ergebnisse unabhängig von dem Jahr ihrer Veröffentlichung zusammengefasst werden                  |                                                                                                                                                                                                                       |

*Tabelle 4: Hynd, Cuerden, Reid & Adam (2009)*

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einschlusskriterien für betrachtete Studien     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• thematische Relevanz: Helmeffektivität</li> <li>• Qualität: Publikation peer reviewed oder aus vertrauenswürdiger Quelle, robuste Methodik und Stichprobe</li> <li>• Aktualität</li> <li>• Bildung einer Prioritäten-Matrix aus den drei Kriterien zur Identifizierung der Studien, die detaillierter betrachtet werden sollen</li> </ul> |
| Anzahl eingeschlossener Studien, Studiendesigns | 9 populationsbasierte Studien, 8 Studien mit Krankenhausdaten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |



|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Datenjahre  | 1980-2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Ergebnis    | <p>Studien mit Krankenhausdaten zeigen eher signifikante Schutzwirkungen von Helmen, bei populationsbasierten Studien fällt der Effekt tendenziell geringer aus; mitunter wird auch kein Effekt aufgedeckt</p> <p>Passende und richtig getragene Helme reduzieren das Risiko von Kopfverletzungen, speziell Schädelfrakturen, Kopfhautverletzungen und Hirnverletzungen, effektiv</p> |
| Anmerkungen | Es wurde Studienergebnisse präsentiert, aber nicht zu einem Gesamtwert als Schätzer für die Schutzwirkung von Helmen verrechnet.                                                                                                                                                                                                                                                      |

### Neuere Studien nach 2009

Die oben benannten Metastudien wurden um vier neuere, nach 2009 veröffentlichte Studien, die die Helmeffektivität als OR schätzen, ergänzt. Diese werden in Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7 zusammenfassend erläutert.

*Tabelle 5: Amorós, Chiron, Martin, Thélot & Laumon (2012)*

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Methode</i>       | <i>Fall-Kontroll-Studie</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Stichprobe           | <p>Verunfallte Fahrradfahrer, die in Notaufnahmen in Rhône, Frankreich, zwischen 1998 und 2008 erfasst wurden (von n = 8.373 war die Information über Helmtragen bekannt).</p> <p>Fall: Fahrradfahrer mit Verletzungen am oder oberhalb der Halswirbelsäule<br/>Kontrolle: Fahrradfahrer nur mit Verletzungen unterhalb der Halswirbelsäule (n = 5.153)</p>                                                                                                                                        |
| Unabhängige Variable | Tragen eines Fahrradhelmes (Helmtragequote aller Teilnehmer: 20,5 %)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Abhängige Variable   | <p>Kopf- (samt Gehirn-), Gesichtsverletzungen und Verletzungen der Halswirbelsäule.</p> <p>Die Verletzungsschwere wurde anhand der AIS operationalisiert: Kopfverletzung (unterteilt in AIS <math>\geq 1</math> und AIS <math>\geq 3</math>), Gesicht (AIS <math>\geq 1</math>), Halswirbelsäule (AIS <math>\geq 1</math>).</p> <p>Berücksichtigte Störvariablen: Alter, Geschlecht, Unfalltyp, Verletzungsschwere unterhalb der Halswirbelsäule, Unfallort (Straßenart, städtisch/außerorts).</p> |
| Ergebnis             | <p>Für eine Vielzahl von Störgrößen wurden eigene (Helmeffektivitäts-) Odds-Ratios berechnet.</p> <p>Kein Unterschied zwischen Fahrradunfällen mit oder ohne Beteiligung eines motorisierten Fahrzeuges.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Anmerkungen          | Die Autoren gehen von einer stärkeren Verbreitung von Soft-Shell-Helmen aus (im Gegensatz zu Anfang der 90er Jahre, in denen Hard Shell verbreiteter gewesen sein soll), stellen aber ebenfalls schützende Eigenschaften der aktuell getragenen                                                                                                                                                                                                                                                    |

Helme fest.

*Tabelle 6: Bambach, Mitchell, Grzebieta & Olivier (2013)*

| <i>Methode</i>       | <i>Fall-Kontroll-Studie</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stichprobe           | <p>Verunfallte Fahrradfahrer, die mit einem motorisierten Fahrzeug kollidierten (somit polizeilich erfasst wurden) und aufgrund in Notaufnahmen in New South Wales, Australien zwischen 2001 und 2009 erfasst wurden (von n = 6.745 Teilnehmern war die Information über das Helmtragen bekannt).</p> <p>Fall: kollidierte Fahrradfahrer mit Kopfverletzungen<br/>         Kontrolle 1: kollidierte Fahrradfahrer, die aufgrund anderer Verletzungen in ein Krankenhaus verwiesen wurden sowie kollidierte Fahrradfahrer, die zwar nicht ins Krankenhaus gingen, dennoch aber keine [gemeint sind damit Verletzungen unterhalb des Kopfes] oder leichte Kopfverletzungen hatten<br/>         Kontrolle 2: kollidierte Fahrradfahrer mit Krankenhausaufenthalt, aber ohne Kopfverletzung (also anderen Verletzungen; Untergruppe der Kontrollgruppe 1).</p> |
| Unabhängige Variable | Tragen eines Fahrradhelmes (Helmtragequote aller Teilnehmer: 75,4 %; bei unter 19-Jährigen nur etwa 50 %)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Abhängige Variable   | <p>Kopf- (samt Gehirn-), Gesichts- und Verletzungen der Halswirbelsäule, operationalisiert anhand ICD-10-AM.<br/>         Die Verletzungsschwere wurde anhand der Survival Risk Ratio nach ICD-10 erfasst und anschließend in den entsprechenden AIS-Wert umkodiert<sup>3</sup>.</p> <p>Berücksichtigte Störvariablen: Alter, Geschlecht sowie neun weitere (u.a. Unfallort, Blutalkohol, Witterung, ...)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Ergebnis             | <p>Für etliche Unfalltypen werden eigene Odds Ratios angegeben.<br/>         Allgemein bestätigen die Autoren Befunde, wonach der Sicherheitsgewinn durch Helmtragen steigt, desto schwerer ein Unfall eingeschätzt wird.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Anmerkungen          | Es werden Polizeidaten mit Krankenhausdaten verknüpft, wodurch neben der Verletzungsschwere auch Informationen über den jeweiligen Unfall aufgeführt werden (in den meisten anderen Studien unbekannte Störgrößen).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

*Tabelle 7: Persaud, Coleman, Zwolakowski, Lauwers & Cass (2012)*

| <i>Methode</i> | <i>Fall-Kontroll-Studie</i>                                                    |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Stichprobe     | Tödlich verunglückte Fahrradfahrer (n = 129) in Ontario, Kanada, zwischen 2006 |

<sup>3</sup> Bemerkung: Die Umrechnung in ICD-Codes in AIS-Werte ist sehr umstritten und führt gerade bei Schädel-Hirn-Trauma nicht immer zu eindeutigen Ergebnissen.

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | <p>und 2010, die von einem Gerichtsmediziner untersucht wurden.</p> <p>Fall 1: Kopfverletzung als Todesursache (n = 71), wobei auch andere Verletzungen auftraten</p> <p>Fall 2: Kopfverletzungen als Todesursache (n = 43), wobei keine weiteren Verletzungen auftraten</p> <p>Kontrolle: Andere Verletzungen als Todesursache (n = 58)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Unabhängige Variable | Tragen eines Fahrradhelmes (Helmtragequote aller Teilnehmer: 26,3 %)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Abhängige Variable   | <p>Todesursache</p> <p>Berücksichtigte Störfaktoren: Alter, Geschlecht</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Ergebnis             | Die Autoren beschreiben ihr Ergebnis als vergleichbar zu Studien, die nicht-tödliche Verletzungen zur Schätzung der Helmeffektivität heranziehen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Anmerkungen          | <p>Die Fallzahlen sind bezogen auf die Tatsache, dass nur tödlich verunglückte Fahrradfahrer untersucht wurden sehr hoch, für eine statistische Analyse aber dennoch klein.</p> <p>Problematisch ist, dass als Vergleichsgruppe im Gegensatz zu normalen Krankenhausfallstudien nur die tödlich verunfallten Radfahrer herangezogen wurden, die nicht hauptsächlich an einer Kopfverletzung gestorben sind. Da in vielen Fällen auch dann, wenn der Kopf nicht Hauptursache ist, eine Kopfverletzung eine Mitursache für den Tod ist, sind die Ergebnisse als eher konservativ einzuschätzen. Bei einer zweiten Rechnung, bei der nur die Getöteten in die Kontrollgruppe eingeordnet wurden, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auch mit Helm gestorben wären (z.B. überrollte Fahrradfahrer) ergeben sich wesentlich höhere Schutzwirkungen.</p> |

*Tabelle 8: Sethi et al. (2015)*

|                      |                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Methode</i>       | <i>Prospektive Kohortenstudie</i>                                                                                                                                                         |
| Stichprobe           | Verunfallte Radfahrer in New York, die zwischen Februar 2012 und September 2014 mit einer Kopfverletzung (Head AIS) in die Notaufnahme eines Trauma-Zentrums eingeliefert wurden, n = 699 |
| Unabhängige Variable | Tragen eines Fahrradhelmes (Helmtragequote aller Teilnehmer: 39,1 %)                                                                                                                      |
| Abhängige Variable   | <p>Kopfverletzung (AIS ≥ 1, AIS ≥ 3)</p> <p>Berücksichtigte Störfaktoren: Unfallhergang, Alter, Blutalkohol, Einkommen, Nutzung elektronischer Geräte u.a.</p>                            |
| Ergebnis             | <i>Helme schützen in einem dichten Stadtzentrum mit hohem Verkehrsaufkommen vor Kopfverletzungen.</i>                                                                                     |

#### Anmerkungen

Die Anzahl der kopfverletzten Helmträger bei AIS  $\geq 3$  ist sehr gering (7). Die Anzahl der kopfverletzten Helmträger bei AIS  $\geq 1$  ist nur ein Verletzter mehr (8), was darauf hinweist, dass nur relativ schwere Fälle in das Krankenhaus eingeliefert wurden. Die relativ kleinen Werte von OR (0,24) sind vor diesem Hintergrund zu bewerten.

## Ergebnisse

Die drei Metaanalysen (siehe Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3) geben auf Grundlage von Daten zwischen 1980 bis 2006 für Kopf- und Gehirnverletzungen eine Verminderung des Verletzungsrisikos durch das Tragen eines Fahrradhelmes von rund 50 bis 70 % an (siehe Tabelle 9). Die höchsten Reduktionswerte weisen Thompsons et al. (1999) auf, die niedrigsten Elvik (2013), der – wie oben bereits erläutert – die Werte von Attewell et al. (2001) neu berechnete, indem er eine Korrektur über die Berücksichtigung eines Publikations-Bias und Time-Trend-Bias vornimmt.

Aktuellere Studien treffen zumindest keine den Metaanalysen deutlich widersprechenden Aussagen (siehe Tabelle 9), solange diese ein ähnliches Design verwenden, also Verletzungen von Krankenhauspatienten und deren Helmnutzung gegenüberstellen. Diese 50 % bis 70 % können folglich als vorsichtige Schätzung für die mittlere Helmeffektivität betrachtet werden. In den meisten in den Metastudien enthaltenen Ergebnissen wurden zumindest die Faktoren Alter, Geschlecht und eine Art der Unfall- oder Unfallschwerekategorisierung versucht zu verrechnen. Um in einem so komplexen Untersuchungsthema konkretere Aussagen treffen zu können, sind multivariate Verfahren und die Berücksichtigung etlicher Faktoren notwendig, die aber aufgrund der Datenlage häufig nicht vorhanden oder nur unzureichend miteinander verknüpfbar sind.

In den älteren Studien hatte sich als Tendenz abgezeichnet, dass schwerere Verletzungsfolgen mit kleineren Odds-Ratios verbunden sind. Neuere Studien unterstreichen dies mit differenzierteren Befunden. Wir werden in Kapitel 2.2, (S. 24) diese Beobachtung nutzen, um einen differenzierten Schätzer der Schutzwirkung von Fahrradhelmen nach Verletzungsschwere zu ermitteln.

Wie in Tabelle 9 zu erkennen ist, finden sich mehrfach Hinweise auf eine negative Wirkung von Fahrradhelmen auf Verletzungen der Halswirbelsäule. Die Erhöhung des Risikos von Verletzungen der Halswirbelsäule ist jedoch wesentlich geringer als die Minderung des Risikos für Kopf- und Gehirnverletzungen. Zudem treten Kopf- und Gehirnverletzungen zumindest in England (vgl. Abbildung 2) mehr als 20-mal häufiger als Verletzungen der Halswirbelsäule auf. In vielen Schätzern für das Odds Ratio werden zudem die Verletzungen der Halswirbelsäule zu den Kopfverletzungen allgemein gezählt, so dass sich eine mögliche negative Wirkung mit der positiven Wirkung verrechnet und somit schon berücksichtigt sind.

*Tabelle 9: Odds-Ratios der Schutzwirkung von Helmen. Ergebnisse der Metaanalysen und der Studien ab 2009*

| <i>Autor</i>                        | <i>Datenjahre</i> | <i>Kopf</i>                                                                                                                                                            | <i>Gehirn</i>                                                                                            | <i>Gesicht</i>                         | <i>Halswirbelsäule</i> | <i>Tod</i> |
|-------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|------------|
| <i>(Jahr)</i>                       |                   |                                                                                                                                                                        |                                                                                                          |                                        |                        |            |
| Thompsons et al. (1999)             | 1980 - 1995       | ,31                                                                                                                                                                    | ,31                                                                                                      | -                                      | -                      | -          |
| Attewell et al. (2001) <sup>a</sup> | 1980 – 1995       | ,40                                                                                                                                                                    | ,42                                                                                                      | ,53                                    | 1,36                   | ,27        |
| Elvik (2013) <sup>b</sup>           | 1980 - 2006       | ,51 - ,43<br>(,54 - ,50)                                                                                                                                               | -                                                                                                        | ,74 - ,71<br>(,79 - ,79 <sup>c</sup> ) | 1,26<br>(1,06 -1,55)   | -          |
| Amoros et al. (2012)                | 1998 - 2008       | AIS 1+:<br>,69 [,59 - ,81]<br><br>AIS 3+ (Stadt):<br>,34 [,15 - ,65]<br><br>AIS 3+ (Land):<br>,07 [,02 - ,23]                                                          | -                                                                                                        | ,72<br>[,62 - ,83]                     | 1,18 [,94 - 1,47]      |            |
| Bambach et al. (2013) <sup>d</sup>  | 2001 - 2009       | AIS < 2:<br>,50 bis ,57<br>[,43 - ,77] <sup>e</sup><br><br>AIS 3:<br>,38 bis ,43<br>[,30 - ,63] <sup>e</sup><br><br>AIS 4+:<br>,26 bis ,28<br>[,16 - ,50] <sup>e</sup> | AIS < 2:<br>,71<br>[,46 - 1,12]<br><br>AIS 3:<br>,37<br>[,21 - ,68]<br><br>AIS 4+:<br>,30<br>[,17 - ,54] | -                                      | -                      | -          |

| Autor<br>(Jahr)                    | Datenjahre  | Kopf        | Gehirn | Gesicht | Halswirbelsäule | Tod                                                                                                                                              |
|------------------------------------|-------------|-------------|--------|---------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Persaud et al. (2012) <sup>f</sup> | 2006 - 2010 | -           | -      | -       | -               | Fall 1 <sup>g</sup> :<br>,39<br>[,18 - ,88]<br><br>Fall 2 <sup>g</sup> :<br>,26<br>[,09 - ,73]<br><br>Fall 3 <sup>g</sup> :<br>,14<br>[,03 - ,5] |
| Sethi et al. (2015)                | 2012 - 2014 | ,28 (AIS3+) | -      | -       | -               | -                                                                                                                                                |

Anmerkung. Eckige Klammern beinhalten Konfidenzintervalle.

<sup>a</sup> Laut den Autoren seien auch nach Berücksichtigung von Störgrößen die Ergebnisse nahezu unverändert.

<sup>b</sup> In Klammern sind die Werte in gleicher Reihenfolge unter Verrechnung des Publikations-Bias angegeben

<sup>c</sup> nicht signifikant von 1 verschieden (kein Effekt)

<sup>d</sup> Angegeben sind die (konservativeren) Werte, die anhand der Kontrollgruppe 2 errechnet wurden (nach Kollision verletzte Fahrradfahrer mit Krankenhausaufenthalt, aber ohne Kopfverletzung).

<sup>e</sup> Verletzungen an Schädel und Gehirn. Die zwei Werte beziehen sich auf die zwei unterschiedlichen Kontrollgruppen

<sup>f</sup> Die Autoren geben mit ihrer OR an, inwiefern durch Nichthelmtragen das Sterberisiko erhöht wird. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die publizierten Daten verwendet, um die OR für die Risikominimierung durch Helmtreten zu berechnen (Störfaktoren nicht einbezogen).

<sup>g</sup> Fallgruppen siehe Beschreibung der Studie in Tabelle 7.

## 2.1.4 Zusammenfassung und Wertung

Alle Metastudien und alle neuen Studien mit hohen Fallzahlen (>4000) ermitteln eindeutig eine Schutzwirkung des Helmes bei Kopfverletzungen. Besonders die neueren Studien von Amorós (2011) und Bambach (2013) zeigen darüber hinaus deutlich, dass Odds Ratios mit zunehmender Verletzungsschwere kleiner werden, die Schutzwirkung also statistisch steigt. Das wird auch daran klar sichtbar, dass die OR-Werte für tödliche Verletzungen bei Attewell et al. (2001) und Persaud et al. (2012) kleiner als die sonst veröffentlichten Werte sind. Das bedeutet aber für die Wertung der veröffentlichten OR-Werte, dass diese von dem Umfeld der Untersuchung abhängen. In Fall-Studien in Staaten oder Regionen mit einer Wahrscheinlichkeit zu hohen Verletzungsschweren oder in Regionen, in denen nur relativ schwere Fälle in ein Krankenhaus eingeliefert werden, werden die Odds Ratios kleiner ausfallen als in Regionen mit Wahrscheinlichkeit zu niedrigeren Verletzungsschweren. Ein Beleg dafür liefern die Daten von Amorós et al. (2012). Die Autoren veröffentlichen für Regionen außerhalb der Stadt sehr kleine Odds Ratios (0,07). Selbst, wenn diese wahrscheinlich zu klein ge-

schätzt sind, belegt es aber die Vermutung der kleineren OR-Werte bei höheren Verletzungsschweren, da außerorts der Anteil an schweren Verletzungen höher ist als innerorts<sup>4</sup>.

Daraus folgt, dass die Schutzwirkung des Helmes sich besonders bei schweren Verletzungen bemerkbar macht. Belegt wird dies qualitativ durch die Befunde von Hynd und Persaud, die von überproportional vielen durch Kopfverletzungen tödlich verunfallten Fahrradfahrern berichten, die keinen Helm getragen haben.

Wenn die Wirkung des Helmes mit Verletzungsschwere aber steigt, bedeutet dies für die Ermittlung der unfallfolgenmindernden Wirkung des Helmes, dass ein Vergleich der OR-Werte strenggenommen nur möglich ist, wenn man das Umfeld der Untersuchungen quantitativ verrechnet. Dies ist aber praktisch nicht leistbar. Einen Ausweg aus diesem Dilemma bietet der Weg über eine AIS-bezogene OR-Funktion. Wenn es nämlich gelingt, den Grad der Verletzungsschwere mit in die Kalkulation der Helmwirkung zu integrieren, dann sind (wegen der Gleichheit der AIS-Kodierung weltweit) Studien aus unterschiedlichen Umfeldern miteinander vergleichbar und die als konstant angenommene Helmwirkung berechenbar. Wir werden in Abschnitt 2.2.2 (S. 31ff) einen AIS-bezogenen OR-Schätzer erarbeiten.

Der Weg über eine AIS-bezogene OR-Funktion hat neben dem Vorteil der Vergleichbarkeit der Studienergebnisse auch erhebliche Auswirkungen auf die Berechnung der verkehrssicherheitserhöhenden Wirkung des Helmes. Da OR-Werte für hohe Verletzungsschweren und Tod wesentlich kleiner sind als die bei leichten Verletzungen, sind dort die Wirkungen besonders hoch. Da wiederum die Kosten überproportional mit der Verletzungsschwere steigen, folgt daraus eine wesentlich höhere Schutzwirkung des Helmes als bisher bekannt.

Eine über die Verletzungsschwere hinausgehende Differenzierung, z.B. nach Alter, konnte in keiner der Studien signifikant gezeigt werden.

---

<sup>4</sup> In Deutschland beträgt beispielsweise der Anteil der Schwerverletzten an allen Verletzten Radfahrenden außerorts ca. 32 %, innerorts nur ca. 17 %.

## 2.2 Quantifizierung des Sicherheitsgewinns durch Helmnutzung

Ein Ziel der Studie ist es den Sicherheitsgewinn durch Helmnutzung zu quantifizieren. Die Quantifizierung ist eine Voraussetzung, um im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Betrachtung die Nutzenseite erhöhter Helmtragequoten beziffern zu können.

In Kapitel 2.1 wurde die Sicherheitswirkung von Fahrradhelmen bei Kopfverletzungen anhand verschiedener Studien beschrieben. Eine detaillierte Quantifizierung der Sicherheitswirkung von Fahrradhelmen erfordert eine differenzierte Betrachtung der Wirkung bei unterschiedlichen Verletzungsschweren.

Gängige Berechnungsmethoden wie z. B. Sieg (2014), de Jong (2012) benutzen zur Berechnung der Helmwirkung einen mittleren Wert für das Odds Ratio beim Vergleich der Anzahl von Kopfverletzungen von Helmträgern zu Nicht-Helmträgern. Auch wird nur ein einziger Wert für den Anteil der Kopfverletzungen an allen Verletzungen angesetzt. Im Rahmen dieser Studie wurde eine neue Methode entwickelt, mit der die Helmwirkung wesentlich genauer berechnet werden kann, was insbesondere die Wirkung bei schweren Verletzungen und Tod betrifft. Die Methode stützt sich dabei im Wesentlichen auf Veröffentlichungen der letzten 6 Jahre, aus denen entscheidend neue Erkenntnisse abgeleitet werden konnten.

Das entwickelte Modell erlaubt die Berechnung der Schutzwirkung des Fahrradhelmes, festgemacht an Verletzungen die zu Leichtverletzten, Schwerverletzten, Schwerstverletzten oder Toten führen. Es kann berechnet werden, wieviel Verletzte heute schon vermieden werden, weil ein Teil der Radfahrer einen Helm tragen. Es kann ferner berechnet werden, wie sich die Verletztenzahlen bei einer Änderung der Helmtragequote ändern würden.

Für die Entwicklung dieses Modells wurden folgende Teilfragestellungen bearbeitet:

1. Entwicklung einer Funktion  $OR(AIS)$ , die die Odds Ratios als Funktion der Verletzungsschwere am Kopf (AIS1 bis AIS6) darstellt.
2. Entwicklung einer Funktion  $q^k(AIS, q_H)$ , die den Anteil der Kopfverletzungen an allen Verletzungen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere am Kopf (AIS1 bis AIS6) und der Helmtragequote  $q_H$  darstellt.
3. Entwicklung einer Gleichung, die aus gegebenen  $OR(AIS)$ ,  $q^k(AIS, q_H)$ , und der Helmtragequote  $q_H$  in Abhängigkeit der Verletzungsschwere AIS die vermiedenen Verletzungen dieser Schwere berechnet.
4. Entwicklung einer Gleichung, die die Berechnung der vermiedenen Verletzungen dieser Schwere bei Änderung der Helmtragequote von  $q_{H0}$  auf  $q_{H1}$  (z.B. wegen der Einführung einer Helmpflicht) aus einem gegebenen  $OR(AIS)$ ,  $q^k(AIS, q_H)$ , einer Start-Helmtragequote  $q_{H0}$  und einer Ziel-Helmtragequote  $q_{H1}$  in Abhängigkeit der Verletzungsschwere AIS ermöglicht.
5. Entwicklung eines Verfahrens zur Berechnung der Änderungen der Verletzten- und Getötetenzahlen der Radfahrer in Deutschland bei Änderung der Helmtragequote auf Basis einer iterativen Simulation.
6. Überführung der öffentlichen Statistiken in nach AIS-Klassen differenzierte Verletzten-Zahlen – insbesondere Berechnung der Anzahl von Schwerstverletzten.
7. Entwicklung einer Funktion der Dunkelziffer in Abhängigkeit der Verletzungsschwere AIS.



## 2.2.1 Hintergrund der Odds Ratios bei der Berechnung der Helmwirkung

Zum besseren Verständnis der folgenden Gleichungen seien die Bedeutungen der Indizierungen kurz erläutert:

- $H$  steht für Helmnutzung,  $\bar{H}$  für Helmnichtnutzung.
- $U$  steht für Unfall,  $\bar{U}$  für kein Unfall.
- $K$  steht für Kopf beteiligt,  $\bar{K}$  für Kopf nicht beteiligt, aber dennoch an anderen Körperteilen verletzt.
- $S$  steht für „Sonstige“ als Komplementmenge (beispielsweise zur Indizierung der Komplementmenge in der Grundgesamtheit der nicht Kopfverletzten zu der wegen des Helmes nicht Kopfverletzten).
- $V$  steht für verletzt nach Unfall,  $\bar{V}$  für nicht verletzt.
- $HK$  steht für Helmträger mit Beteiligung des Kopfes,  $\bar{H}K$  für Nicht-Helmträger mit Beteiligung des Kopfes,  $H\bar{K}$  für Helmträger ohne Beteiligung des Kopfes,  $\bar{H}\bar{K}$  für Nicht-Helmträger ohne Beteiligung des Kopfes.
- $N_y^x$  steht für Anzahl von Unfallopfern mit Unfallfolge  $x$  unter Bedingung  $y$  in klinischer Studie, wobei für  $y$ :  $HK, \bar{H}K, H\bar{K}, \bar{H}\bar{K}$  stehen kann.
- $km$  steht für „auf den Kilometer bezogen“.
- $KM$  steht für Kilometerleistung,  $KM^H$  mit Helm gefahren,  $KM^{\bar{H}}$  ohne Helm.
- $x$  steht für eine Art des Unfalls oder der Unfallfolge bzw. Unfallschwere (z.B. Kopfverletzung, Tod, AIS3).

Die Wirkung des Helmes liegt in der Minderung der Unfallfolgeschwere bei Unfällen, bei denen der Kopf beteiligt ist<sup>5</sup>. Kopfbeteiligt bedeutet, dass der Unfall entweder eine Kopfverletzung zur Folge hat oder trotz Kontakt am Kopf keine Kopfverletzung vorliegt. Als Unfall werden alle Situationen bezeichnet, bei denen ein nichtnormaler Fahrzustand entstanden ist, der potentiell zu Verletzungen führen kann. Insbesondere gehören alle von der Polizei erfassten Unfälle im Straßenverkehr dazu, aber auch Alleinunfälle wie ein Umfallen beim Absteigen. Unfälle können ohne Verletzungsfolgen bleiben oder sie können zu unterschiedlich starken Verletzungen führen. Für die Abschätzung der Wirkung des Fahrradhelmes sind Unfälle wichtig, bei denen der Kopf beteiligt ist.

Bei klinischen Studien zur Erfassung der Schutzwirkung des Helmes werden die eingelieferten Patienten in der Regel in die Gruppe mit Kopfverletzung und ohne Kopfverletzung eingeteilt. Bei einem Unfall mit mehreren Verletzungen gehört der Patient dann zur Gruppe der Kopfverletzten, wenn mindestens eine der unterschiedlichen Verletzungen eine Kopfverletzung ist. Zur Gruppe der Kopfbeteiligten gehören also erstens die Kopfverletzten und zweitens die Nichtverletzten, die trotz Kontakt nicht kopfverletzt sind. Eine Untergruppe sind die Kopfbeteiligten, die einen Helm trugen und auf Grund der Wirkung des Helmes keine Kopfverletzung aber dennoch eine andere Verletzung erlitten haben und deshalb in der klinischen Einordnung als Verletzte, und zwar als Nichtkopfverletzte gelten. Da der Helm die Kopfverletzung vermieden hat, gehören diese Personen auch in die Gruppe derjenigen, die vom Helm profitieren.

---

<sup>5</sup> Wie in Kapitel 2.4 (S. 63ff) ausgeführt wird, gibt es keine hinreichenden Belege für die Theorie der Risikokompensation. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird daher nach derzeitigem Kenntnisstand durch den Helm nicht beeinflusst.

Im statistischen Mittel ist die Wahrscheinlichkeit als Radfahrer mit oder ohne Helm in einen Unfall verwickelt zu werden vom Helmtragen an sich unabhängig und hängt nur von der Exposition ab. Die Unfallwahrscheinlichkeit wird also entscheidend dadurch bestimmt, wie viel und wie riskant statistisch im Mittel Rad gefahren wird. Sinnvoll ist deshalb ein Bezug auf entweder die gefahrene Kilometerleistung oder die Expositionszeit im Verkehr. Im Folgenden wird als Bezugsgröße die Kilometerleistung genommen.

Die auf den Kilometer bezogene Wahrscheinlichkeit eines Unfalls lässt sich durch die auf die Variable Helmtragen bezogene bedingte Wahrscheinlichkeit ausdrücken:

$$P\left(\frac{\text{Unfall}}{\text{km}} \middle| H\right) = P\left(\frac{\text{Unfall}}{\text{km}} \middle| \bar{H}\right) \equiv P_{U_{km}^H} = P_{U_{km}^{\bar{H}}} \quad (1)$$

Die Wirkung der die Sicherheitsfolgen erhöhenden Maßnahme „Helmtragen“ lässt sich durch das Verhältnis der auf einen Fahrkilometer bezogenen<sup>6</sup> bedingten Wahrscheinlichkeiten  $P_{U_{km}^{xH}}$ ,  $P_{U_{km}^{x\bar{H}}}$  der Unfallfolge  $x$  (z.B. Tod, Kopfverletzung, keine Verletzung) unter den Voraussetzungen „Helmtragen“ versus „Helmnichttragen“ als *relatives Risiko* darstellen:

$$WH^x = \frac{P\left(\frac{\text{Unfall mit Folge } x}{\text{km}} \middle| H\right)}{P\left(\frac{\text{Unfall mit Folge } x}{\text{km}} \middle| \bar{H}\right)} = \frac{P_{U_{km}^{xH}}}{P_{U_{km}^{x\bar{H}}}} \quad (2)$$

Für eine Unfallfolge  $x = \bar{K}$ , das heißt für eine Folge einer Verletzung, die aber keine Verletzung vom Kopf ist (z.B. Unfall mit Folge Fußverstauchung), erwarten die wir, dass  $WH^{\bar{K}} = 1$ .

$WH^x$  stellt ein relatives Risiko dar, ist aber nicht mit dem aus der deskriptiven Statistik bekannten Relativen Risiko RR (Risk Ratio, Risikoverhältnis) zu verwechseln, das formal ähnlich definiert ist, aber Fallzahlen in Bezug nimmt. Wir können aber Schätzungen für die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $P_{U_{km}^{xH}}$  und  $P_{U_{km}^{x\bar{H}}}$  aus Fallzahlen ableiten.

Seien  $N_{U_H^x}$ ,  $N_{U_{\bar{H}}^x}$  für eine Menge von Fahrradfahrern die Anzahl der Unfälle mit Helm und ohne Helm mit Folge  $x$  in einem Jahr und  $KM_H$  bzw.  $KM_{\bar{H}}$  die Kilometerleistung, die in diesem Jahr von den beiden Gruppen<sup>7</sup> gefahren wurde. Wir gehen dabei davon aus, dass die Kilometerleistung der Fahrradfahrer unabhängig von einem möglichen Unfall mit Folge  $x$  ist. Dann lässt sich die relative Wirkung des Helmes wie folgt abschätzen:

$$WH^x \approx \frac{\frac{N_{U_H^x}}{KM_H}}{\frac{N_{U_{\bar{H}}^x}}{KM_{\bar{H}}}} \quad (3)$$

Auch dies entspricht formal noch nicht dem Relativen Risiko RR, da  $KM_H$ ,  $KM_{\bar{H}}$  keine Fallzahlen darstellen.

Die Faktoren  $KM_H$  und  $KM_{\bar{H}}$  in Gleichung 3 relativieren die Fallzahlen mit Wirkung  $x$  bezogen auf die Kilometerleistungen, die mit bzw. ohne Helm geleistet wurden. Im Bruch 3 bilden sie also die auf die Kilometer bezogene Helmtragequote ab. Zur weiteren Berechnung werden deshalb noch eine auf die Exposition bezogene Helmtragequote und das Helmtrageverhältnis eingeführt:

<sup>6</sup> Möglich wäre wie oben angedeutet auch eine auf die Fahrzeit bezogene Größe.

<sup>7</sup> Wobei ein einzelner Fahrradfahrer in beiden Gruppen enthalten sein kann.

$$q_{km}^H = \frac{KM_H}{KM_H + KM_{\bar{H}}} \quad (4)$$

$$q^* = \frac{KM_H}{KM_{\bar{H}}} = \frac{q_{km}^H}{1 - q_{km}^H} \quad (5)$$

Und damit wird Gleichung 3 zu:

$$WH^x \approx \frac{\frac{N_{U_H^x}}{q_{km}^H}}{\frac{N_{U_{\bar{H}}^x}}{1 - q_{km}^H}} = \frac{N_{U_H^x}}{N_{U_{\bar{H}}^x}} \frac{1 - q_{km}^H}{q_{km}^H} = \frac{N_{U_H^x}}{N_{U_{\bar{H}}^x}} \frac{1}{q^*} \quad (6)$$

$q_{km}^H$  ist die A-Priori-Helmtragequote, wie sie durch Zählungen ermittelt werden können. Wenn nach einem Unfall die Folgen bekannt sind, kann aus dem Vergleich der Fallzahlen von Helmträgern mit der Unfallwirkung x zu den Fallzahlen der Helmnichtträger eine A-Posteriori-Helmtragequote  $q_{km}^{Hx}$  berechnet werden. Wenn x beispielsweise die Differenzierung nach Verletzungsschwere darstellt, ergeben sich für höhere Verletzungsschweren geringere Werte für  $q_{km}^{Hx}$ . Der Term  $q^*$  in Gleichung 6 relativiert das Verhältnis der Unfallzahlen von Helmträgern zu Helmnichtträgern durch Berücksichtigung der unterschiedlichen absoluten Unfallwahrscheinlichkeiten, die durch unterschiedliche Expositionen bedingt sind.

Wichtig für die Berechnung der Helmwirkung ist, dass die Bezugsgrößen die auf die Kilometer bezogene A-Priori-Helmtragequote ist. Eine aus einer Befragung abgeleitete dichotomische Helmtragequote, bei der Fahrradfahrer allein gefragt werden, ob sie einen Helm tragen und nicht gleichzeitig die Exposition abgefragt wird, ergibt eine andere Helmtragequote. Ebenfalls auf den Kilometer bezogen sind die aus Fallzahlen in klinischen Studien abgeleiteten Helmtragequoten, da davon ausgegangen wird, dass die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls proportional zu der Exposition ist.

Die aus den klinischen Studien abgeleiteten Schutzwirkungen des Helmes (siehe Kapitel 2.1) beziehen sich wie oben gesagt auf Kopf- oder Gesichtsverletzungen. Dazu werden die in Krankenhäusern eingelieferten Fahrradfahrer bezüglich der Art der Verletzung und bezüglich des registrierten Helmtragens beim Unfall klassifiziert. In der Regel werden die Fälle bei Studien, die die Helmwirkung untersuchen, in die zwei Gruppen – K (mit Verletzung am Kopf<sup>8</sup>) und  $\bar{K}$  (Verletzung, aber nicht am Kopf) – eingeteilt. Bei einem Unfall mit mehreren Verletzungen gehört der Patient dann zur Gruppe der Kopfverletzten, wenn mindestens eine der unterschiedlichen Verletzungen eine Kopfverletzung ist. Die Kopfverletzungen werden dann noch einmal in Kategorien unterschieden, die die Verletzung am Kopf (Schädel, Gehirn, Gesicht, Halswirbelsäule) oder die Schwere der Verletzung (AIS 1 bis AIS 6, oder Tod) differenzieren. Daraus werden dann in den Studien als Odds Ratio (OR) bezeichnete Verhältnisse ermittelt und veröffentlicht.

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Mengen von Verletzten im Zusammenhang mit der Wirkung des Helmes zusammengefasst.

Die bei einem Unfall nicht verletzten (nicht am Kopf und nicht anderswo) Helmträger seien  $N_{H\bar{V}}$ . Dann setzt sich diese Zahl der nicht verletzten Helmträger aus den sonstigen Nichtverletzten und den wegen des Helms Nichtverletzten  $N_{H\bar{V}H}$ <sup>9</sup> wie folgt zusammen:

<sup>8</sup> Hier steht der Index K wirklich für Verletzung am Kopf und nicht nur für Beteiligung wie oben definiert.

<sup>9</sup> Die Zahl der wegen des Helms Nichtverletzten ergibt sich rechnerisch aus der im weiteren Verlauf entwickelten Methode.

$$N_{H\bar{V}} = N_{H\bar{V}S} + N_{H\bar{V}H} \quad (7)$$

Bei den Nicht-Helmträgern gibt es diese Unterscheidung nicht.

Die Summe aller Nichtverletzten nach Unfall im Einzugsgebiet des Krankenhauses mit/ohne Helmnutzung in einem zeitlichen Bezugsrahmen ist also:

$$N_{U\bar{V}} = N_{H\bar{V}S} + N_{H\bar{V}H} + N_{\bar{H}\bar{V}} \quad (8)$$

In normalen Fallstudien mit Krankenhäusern sind die Zahlen für die Unverletzten nicht bekannt, insbesondere auch wegen der Schwierigkeit, einen allgemeinen Unfall zu definieren. Wenn man nur bestimmte Unfälle betrachtet, wie z. B. polizeilich erfasste Unfälle, können diese Zahlen allerdings ermittelt werden. In der Studie von Bambach et al. (2013) wurden für über 6000 polizeilich erfasste Unfälle sowohl die Helmtragequote beim Unfall als auch die Anzahl derjenigen, die dann mit Kopfverletzung oder ohne Kopfverletzung in Krankenhäuser eingeliefert wurden, erfasst. In dieser Studie wurden die Fallzahlen  $N_{H\bar{V}}$  und  $N_{\bar{H}\bar{V}}$  registriert.

Eingeliefert ins Krankenhaus, und damit die Basis für die Fallstudien, werden einerseits die verletzten Nicht-Helmträger. Diese werden aufgeteilt in Verletzte  $N_{\bar{H}\bar{K}}$ , die keinerlei Kopfverletzung haben, und diejenigen  $N_{\bar{H}K}$ , die eine Kopfverletzung haben. Auch die Helmträger werden aufgeteilt in Verletzte  $N_{HK}$ , die keine Kopfverletzung haben, sowie diejenigen  $N_{HK}$ , die mindestens eine Kopfverletzung haben.

Die ins Krankenhaus eingelieferten helmtragenden Radfahrer, die verletzt aber dies nicht am Kopf sind, können hypothetisch in zwei Gruppen eingeteilt werden. Die erste umfasst nicht kopfverletzte Helmträger der Anzahl  $N_{H\bar{K}H}$ <sup>10</sup>, die durch den Unfall multiple Verletzungen mit Verletzungen auch am Kopf gehabt hätten, wenn sie keinen Helm getragen hätten. Die zweite Gruppe umfasst die helmtragenden Radfahrer mit der Anzahl  $N_{H\bar{K}S}$ , die aus anderen Gründen nach einem Unfall verletzt waren, aber keine Kopfverletzung erlitten haben.

Es gilt also:

$$N_{H\bar{K}} = N_{H\bar{K}S} + N_{H\bar{K}H} \quad (9)$$

Die Zahl der Verletzten<sup>11</sup> ist dann:

$$N_{UV} = N_{\bar{H}\bar{K}} + N_{\bar{H}K} + N_{HK} + N_{H\bar{K}S} + N_{H\bar{K}H} \quad (10)$$

Die Zahl der Verunfallten ist dann (separiert nach Helmträger und Helmnichtträger):

$$N_U = (N_{H\bar{V}S} + N_{H\bar{V}H} + N_{HK} + N_{H\bar{K}S} + N_{H\bar{K}H}) + (N_{\bar{H}\bar{V}} + N_{\bar{H}\bar{K}} + N_{\bar{H}K}) \quad (11)$$

Wegen der angenommenen Gleichwahrscheinlichkeit des Unfalls lässt sich daraus der für das Einzugsgebiet der Studie relevante auf die Kilometerleistung bezogene Helmtragequotient berechnen:

$$q^* = \frac{(N_{H\bar{V}S} + N_{H\bar{V}H} + N_{HK} + N_{H\bar{K}S} + N_{H\bar{K}H})}{(N_{H\bar{V}} + N_{\bar{H}\bar{K}} + N_{\bar{H}K})} = \frac{N_{H\bar{V}S}}{N_{H\bar{V}S}} \quad (12)$$

<sup>10</sup> Das Indexkürzel  $\bar{K}S$  symbolisiert wie oben: „keine Kopfverletzung wegen sonstigen Gründen“,  $\bar{K}H$ : „keine Kopfverletzung wegen Helmwirkung“

<sup>11</sup> Wir nehmen für die weiteren Überlegungen an, dass alle Verletzten ins Krankenhaus eingeliefert werden, bzw. dass alle anderen in die Kategorie „Unverletzt“ fallen.

In Abbildung 3 sind die eben beschriebenen Mengen der unterschiedlichen Klassen von Verunfallten bildlich dargestellt.

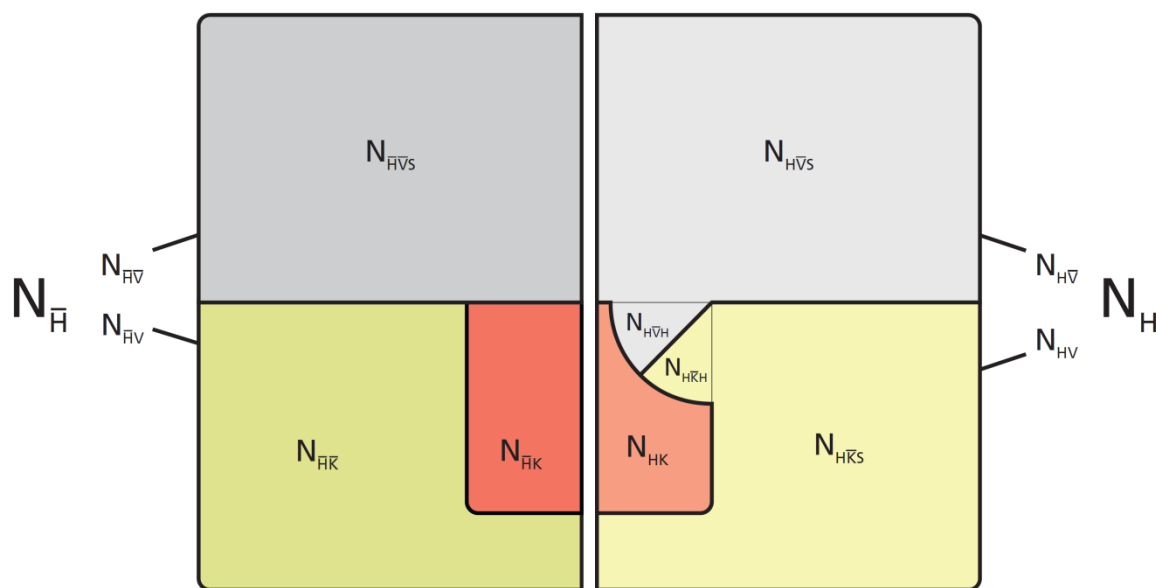


Abbildung 3: Mengen von Verletzten und Unverletzten nach einem Unfall. Die obere Hälfte symbolisiert die Nichtverletzten, die untere die Verletzten. Die rechte Seite bildet die Helmträger, die linke die Helmnichtträger ab. Innen sind die Kopfverletzten, außen die Nicht-am-Kopf-Verletzten dargestellt.

Zusammenfassend haben wir folgende Klassen von Verunfallten: Die Unverletzten:  $N_{H\bar{V}S}$ ,  $N_{H\bar{V}H}$ ,  $N_{H\bar{V}\bar{V}}$ , die Nichtkopfverletzten:  $N_{H\bar{K}S}$ ,  $N_{H\bar{K}H}$ ,  $N_{H\bar{K}\bar{V}}$  und die Kopfverletzten  $N_{HK}$ ,  $N_{H\bar{K}}$ . In der Regel sind die Nichtverletzten  $N_{H\bar{V}S}$ ,  $N_{H\bar{V}H}$ ,  $N_{H\bar{V}\bar{V}}$ , und die Teilmengen der nichtkopfverletzten Helmträger  $N_{H\bar{K}S}$ ,  $N_{H\bar{K}H}$  unbekannt.

Da die oben angeführten Mengen in der Regel nicht alle bekannt sind, wird in den Studien bei der Berechnung der Schutzwirkung des Helmes auf die aus klinischen Studien oder aus Statistiken ableitbaren Fallzahlen  $N_{HK}^x$ ,  $N_{H\bar{K}}^x$ ,  $N_{H\bar{K}}$  und  $N_{H\bar{K}}$  zurückgegriffen.

Die Fallzahlen  $N_{U_H^x}$  und  $N_{U_{\bar{H}}^x}$  in Gleichung 6 werden dann durch die Fallzahlen  $N_{HK}^x$  und  $N_{H\bar{K}}^x$  der untersuchten Kopfverletzungen mit der Folge x repräsentiert. Das auf die Kilometerleistung bezogene Helmtrageverhältnis  $q^*$  ist durch das Verhältnis der ebenfalls verletzten, aber nicht am Kopf verletzten Fahrradfahrer abgebildet. Zur Berechnung der Wirkung des Helmes wird also folgende Gleichung eingesetzt.

$$OR^x = \frac{\frac{N_{HK}^x}{N_{H\bar{K}}^x}}{\frac{N_{HK}^x}{N_{H\bar{K}}^x}} \quad (13)$$

OR wird als Odds Ratio bezeichnet <sup>12</sup>. In vielen Studien wird die Art des Unfalls oder der Unfallfolgen (Verletzungsschwere (x)) nicht differenziert. Wir werden auf Studien zurückgreifen, bei der x die Verletzungsschwere bezeichnet, also z.B. x=AIS1+, x=AIS2- oder x=Tod.

Argument für die Rechtmäßigkeit der eben geschilderten Schätzung der Helmwirkung über Odds Ratios ist – neben der Tatsache, dass man in der Regel keine andere Vergleichsgruppe hat –, die Annahme, dass die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls unabhängig vom Helmtragen ist und deshalb die Wahrscheinlichkeit einer Verletzung, die nicht am Kopf ist, für Helmträger und Nicht-Helmträger gleich sein müsste. Das ist nicht ganz der Fall, weil es zum einen Helmträger gibt, die wegen des Helmes gar nicht erst in ein Krankenhaus eingeliefert wurden, also entweder unverletzt oder nur leicht verletzt sind. Die Helmwirkung macht sich deshalb schon darin bemerkbar, dass überproportional mehr Helmnichtträger wegen eines Unfalls behandelt werden müssen.

Zum zweiten gibt es auch eine Gruppe von Helmträgern, die wegen der Schutzwirkung des Helmes nicht als Kopfverletzte klassifiziert wurden, aber dennoch eine andere Verletzung haben. Sie führen dazu, dass das Helmtrageverhältnis in der Gruppe der Nichtkopfverletzten wegen der Wirkung des Helmes erhöht ist, was rechnerisch zu kleineren Odds Ratios führt.

Die falsche Abbildung der Exposition durch die Nicht-am-Kopf-Verletzten ist auch Anlass der Kritik von Zeegers (2015), der vermutet, dass die veröffentlichten OR-Zahlen die wirkliche Schutzwirkung des Helmes aus methodischen Gründen systematisch deutlich überschätzen. Es gibt allerdings eine Veröffentlichung (Bambach, Mitchell, Grzebieta, & Olivier, 2013), bei der auch Daten über die Grundgesamtheit aller verunfallten Fahrradfahrer einer Untersuchungsumgebung bekannt sind, also auch unverletzte (nicht nur diejenigen, die ins Krankenhaus eingeliefert wurden), da sich die Untersuchung allein auf polizeilich erfasste Unfalldaten stützt. Aus diesen Daten lässt sich sowohl das wahre Helmtrageverhältnis  $q^*$  als auch das aus den Nichtkopfverletzten abgeleitete Verhältnis berechnen. Das über das Verhältnis der Nichtkopfverletzten abgeleitete Helmtrageverhältnis unterscheidet sich dabei nur um 2,4 % von dem wahren Wert. Das dann berechnete Odds Ratio für die Folge: „Kopfverletzung allgemein“ <sup>13</sup> ist nur um 0,6 % kleiner als der für diese Studie wahre Wert. Wir folgern daraus, dass Odds Ratios die Helmwirkung nur wenig überschätzen und gute Schätzer für das Verletzungsrisiko der Folge x sind.

Gelegentlich wird in den Veröffentlichungen noch eine differenziertere Berechnung durchgeführt, wenn in der Studie weitere moderierende Faktoren (wie z.B. Alter) registriert wurden. Eine häufig angewandte Möglichkeit diese einzuberechnen, ist die Cochran-Mantel-Haenszel-Korrektur (Mantel, N.; Haenszel, W., 1959). Für eine spätere Berechnung der durch den Helm vermiedenen Opfer kann man allerdings nur dann auf die korrigierten Daten zurückgreifen, wenn diese Differenzierung auch in den veröffentlichten statistischen Daten vorhanden ist. Eine Differenzierung der Verletzten nach Altersklassen existiert zwar, aber nicht noch zusätzlich nach Verletzungsschwere.

In Fallstudien wird die durch die Vergleichsgruppe der Nicht-Kopfverletzten repräsentierte auf die gefahrenen Kilometer bezogene Helmtragequote nur die lokale Helmtragequote abbildet. Da die Kopfverletzten aber aus derselben Grundgesamtheit stammen, ist es genau der richtige Bezug.

---

<sup>12</sup> Siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, S. 14

<sup>13</sup> Ohne Differenzierung der Verletzungsschwere

## 2.2.2 Entwicklung eines Schätzers für AIS-bezogene Odds-Ratios

Ziel dieses Kapitels ist es, eine Funktion zu identifizieren mit der die Schutzwirkung von Fahrradhelmen in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere als Eingangsgröße für eine Kosten-Nutzen-Berechnung berechnet werden kann. Wir werden uns dafür im Wesentlichen auf drei Studien stützen. Wertvollste Quelle dafür ist Bambach (2013). Hier wurden die Odds Ratios in Bezug zu den AIS-Schweregraden sehr differenziert dargestellt (siehe Tabelle 9, S. 21). Eine zweite wichtige Quelle ist Amoros et al. (2012). Auch hier werden Odds Ratios für hohe Schweregrade angegeben. Die dritte wichtige Quelle ist (Otte, Facius, & Wiese, 2013) mit gleichen Ergebnissen in (Otte, et al., 2015). Hier wird sogar zwischen allen 7 AIS-Klassen unterschieden. Leider sind die Daten bezüglich der Kopfverletzungsdaten bei Helmträgern in den AIS-Klassen AIS2 und AIS3 offensichtlich fehlerhaft und höhere Kopfverletzungsschweren traten wegen der geringen Zahl von Helmträgern nicht auf. Dennoch konnte aus den Daten ein OR-Wert (AIS1+) berechnet werden. Die Veröffentlichung liefert darüber hinaus wesentliche Erkenntnisse über die Häufigkeiten unterschiedlicher AIS-Klassen.

Wegen der häufig geringen Fallzahlen, werden Verletzungsklassen vielfach zusammengefasst. Eine AIS3+-Klasse beinhaltet alle Daten von Fällen mit Verletzungsschweren größer AIS3. Da das Odds Ratio mit höherer Verletzungsschwere niedriger wird, muss  $OR^{AIS3} > OR^{AIS3+}$  gelten. Tabelle 10 gibt einen Überblick über die in den oben genannten Veröffentlichungen genannten Werte für die Odds Ratios.

Tabelle 10: Odds Ratios, differenziert nach Verletzungsklasse

| Veröffentlichung | AIS1+                          | AIS2                          | AIS2+           | AIS3             | AIS3+            | AIS4+            |
|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| Amoros (2012)    | 0,69 bis<br>0,74 <sup>14</sup> |                               |                 |                  | 0,30 bis<br>0,34 |                  |
| Bambach (2013)   |                                | 0,5 bis<br>0,57 <sup>15</sup> | 0,45 bis<br>0,5 | 0,38 bis<br>0,43 | 0,33 bis<br>0,36 | 0,26 bis<br>0,28 |
| Otte (2013)      | 0,67                           |                               |                 |                  |                  |                  |

In Abbildung 4 sind die Daten als Funktion vom AIS-Grad dargestellt. Die AIS-Werte (also die x-Achse) sind bei den einschließenden Klassen (+) zunächst nur geschätzt. Bambach et al. schließen bei ihrer Kategorie AIS2 nicht aus, dass auch AIS1-Fälle dazu zählen. Sie bezeichnet die Klasse selbst aber als „moderately injured“, was eher AIS2 entspricht. Die Werte der AIS1+-Klasse sind im AIS-Wert eher zu AIS1 zugeordnet. Das liegt an der starken Nichtlinearität der Odds-Ratio-Ermittlung. Aus demselben Grunde liegt die AIS4+-Klasse eher bei AIS4.

<sup>14</sup> Je nach Stärke der Adjustierung

<sup>15</sup> Je nach Wahl der Kontrollgruppe

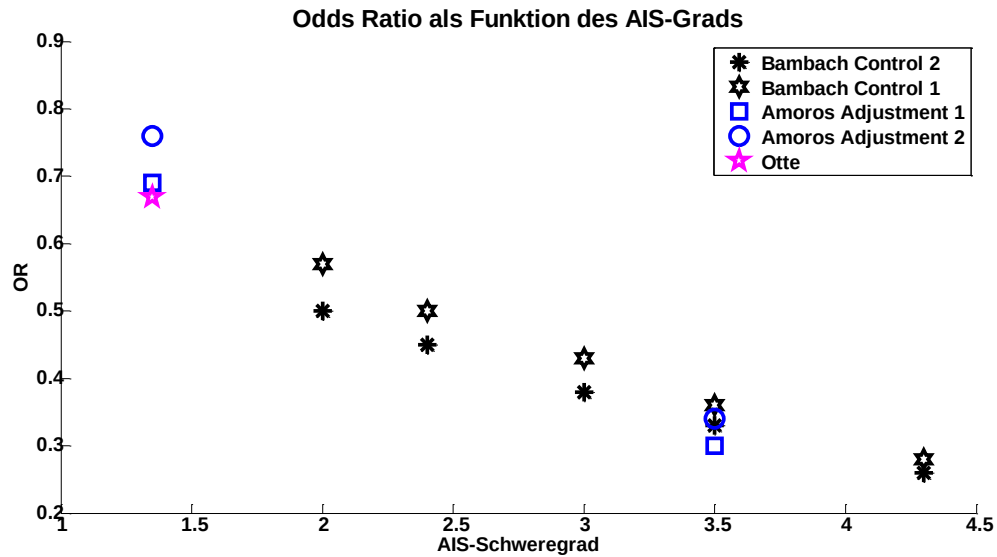


Abbildung 4: Odds Ratios in Abhängigkeit vom Schweregrad der Verletzung in AIS.

Eine Rückrechnung von Odds Ratios aus Summen von Fallzahlen unterschiedlicher Schwereklassen auf die Einzel-Odds-Ratios ist analytisch zunächst nicht möglich. Wir können also z.B. aus

$$OR^{AIS4+} = \frac{\frac{N_{HK}^{AIS4+}}{N_{HK}}}{\frac{N_{HK}^{AIS4+}}{N_{HK}}} = \frac{\frac{N_{HK}^{AIS4} + N_{HK}^{AIS5} + N_{HK}^{AIS6}}{N_{HK}}}{\frac{N_{HK}^{AIS4} + N_{HK}^{AIS5} + N_{HK}^{AIS6}}{N_{HK}}} \quad (14)$$

nicht auf  $OR^{AIS4}$ ,  $OR^{AIS5}$  und  $OR^{AIS6}$  schließen, da die einzelnen  $N_{HK}^{AISi}$  etc. nicht bekannt sind. Allerdings ist das bei einer bestimmten Konstellation der Häufigkeiten der Fallzahlen in Abhängigkeit vom Schweregrad möglich, wie wir im Folgenden zeigen werden.

### 2.2.2.1 Häufigkeiten der AIS-Grade bei Verletzungen

In Abbildung 5 sind die Häufigkeiten und der Logarithmus der Verletzungsklassen in Abhängigkeit des AIS-Grades, abgeleitet aus den Daten von (Otte, Facius, & Wiese, 2013), dargestellt. Für die Auswertung wurden die Daten der Helm-nichtträger herangezogen, da diese wesentlich größere Fallzahlen (N=3625) liefern.

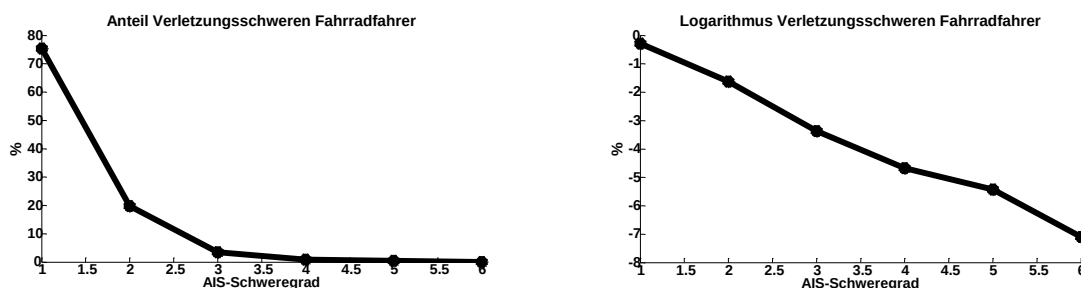


Abbildung 5: Häufigkeit der AIS-Grade bei Fahrradfahrern (nach Otte et al., 2013). Daten der Helm-nichtträger (N=3625), links lineare, rechts logarithmische Darstellung.



Die Häufigkeit der Verletzungsschweren der Nicht-Helmträger gehorcht offensichtlich in guter Näherung einem exponentiellen Gesetz. Wir setzen:

$$N_{\bar{H}}(AIS) = a_1 \cdot e^{b_1 \cdot AIS} \quad (15)$$

und fitten die Daten mit diesem Ansatz. In Abbildung 6 ist die gute Übereinstimmung des Fits mit den Daten zu erkennen ( $a_1 = 299, b_1 = -1.377$ ).

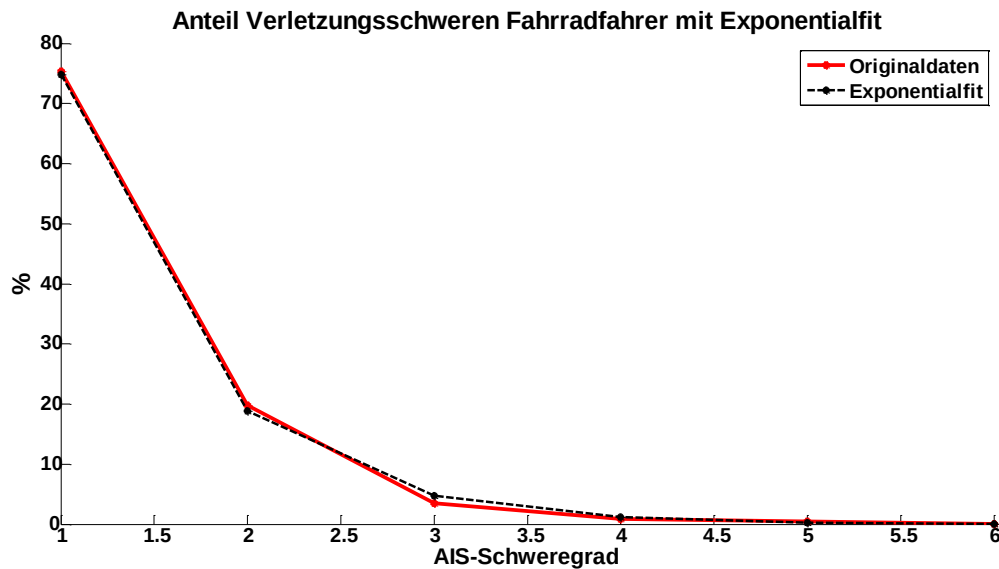


Abbildung 6: Exponentialfit der Daten von Abbildung 5 (nach Otte et al., 2013).

#### 2.2.2.2 Berechnung der OR-Funktion

Wenn man ähnlich wie in Gleichung 15 auch für die OR-Funktion einen exponentiellen Ansatz macht, lässt sich aus den in Tabelle 10 zusammengefassten veröffentlichter OR-Schätzungen eine AIS-basierte OR-Funktion ableiten. Die Herleitung kann dem Anhang 3 ( S. 343) entnommen werden.

Abbildung 7 zeigt die so errechnete OR-Funktion im Vergleich zu den veröffentlichten Werten.

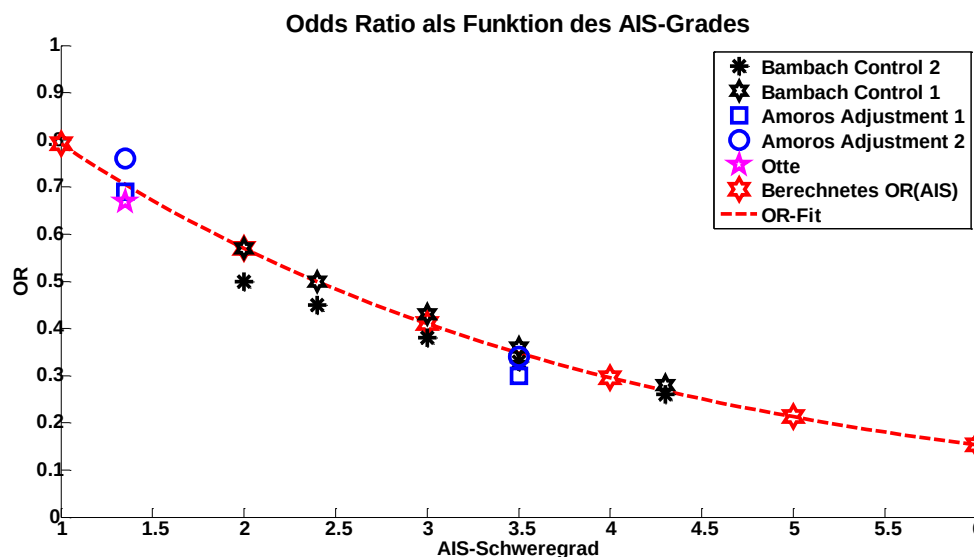


Abbildung 7: Berechnete Funktion  $OR(AIS)$  im Vergleich zu den veröffentlichten Werten.

In Tabelle 11 sind die aus den Gleichungen 44 (S. 343) und 53 (S. 344) berechenbaren Werten der Odds-Ratios-Schätzungen für unterschiedliche Verletzungsschwereklassen mit den veröffentlichten Werten verglichen. Es zeigen sich sehr gute Übereinstimmungen. Dies rechtfertigt auch im Nachhinein die zunächst nur gesetzten x-Werte der einschließenden OR-Klassen (AIS3+, AIS4+, etc.).

Tabelle 11: Vergleich veröffentlichte Odds Ratios (differenziert nach Verletzungs-klasse) mit eigenem exponentiellem Ansatz

| Veröffentlichung                       | AIS1         | AIS1+                          | AIS2                          | AIS2+       | AIS3             | AIS3+            | AIS4+            |
|----------------------------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|
| Amoros (2012)                          |              | 0,69 bis<br>0,74 <sup>16</sup> |                               |             |                  | 0,30 bis<br>0,34 |                  |
| Bambach (2013)                         |              |                                | 0,5 bis<br>0,57 <sup>17</sup> | 0,45-0,5    | 0,38 bis<br>0,43 | 0,33 bis<br>0,36 | 0,26 bis<br>0,28 |
| Otte (2013)                            |              | 0,67                           |                               |             |                  |                  |                  |
| <b>Aus exponenti-<br/>ellem Ansatz</b> | <b>0,791</b> | <b>0,704</b>                   | <b>0,57</b>                   | <b>0,51</b> | <b>0,41</b>      | <b>0,37</b>      | <b>0,27</b>      |

Zusammenfassend können folgende Daten von  $OR(AIS) = a_2 \cdot e^{b_2 \cdot AIS}$  mit  $a_2 = 1,1$  und  $b_2 = -0.328$  berechnet werden (Tabelle 12).

<sup>16</sup> Je nach Stärke der Adjustierung

<sup>17</sup> Je nach Wahl der Kontrollgruppe

Tabelle 12: Berechnete Werte für  $OR_{AISi}$

| AIS | AIS1 | AIS2 | AIS3 | AIS4  | AIS5  | AIS6  |
|-----|------|------|------|-------|-------|-------|
| OR  | 0,79 | 0,57 | 0,41 | 0,296 | 0,213 | 0,153 |

Die Berechnung ging davon aus, dass die OR+-Werte aus Veröffentlichungen als Grundlage eines Fits herangezogen werden konnten. Wie oben gezeigt, wurde für die Berechnung eine Verteilung der kopfverletzten Helmnichtträger herangezogen, die aus Otte et al., 2013 abgeleitet wurde. Es kann stark vermutet werden, dass diese Verteilung von der Helmtragequote weitgehend unabhängig ist.

Nun kann es dennoch sein, dass die Verteilungen in anderen Staaten oder in anderen Einzugsgebieten klinischer Studien sich etwas anders darstellen. In Ermangelung anderer Daten gehen wir aber im Weiteren davon aus, dass Daten von Otte et al., 2013 repräsentativ sind. Hinzu kommt, dass die Berechnung der OR+-Werte relativ robust ist. Außerdem haben auch große Änderungen in der Exponentialfunktion nur vergleichsweise kleine Änderungen in den OR+-Werten zur Folge.

### 2.2.3 Ableitung der Gleichung zur Berechnung des Nutzens des Helmes

Aufbauend auf der Funktion  $OR(AIS)$  sollen die Gleichungen entwickelt werden, mit der aus dem Wissen um die Odds Ratios auf absolute Zahlen von Verletzten (oder Toten) geschlossen werden können, die durch den Helm vermieden werden.

Die Berechnung des summarischen Nutzens des Helms in einer Region (z.B. Deutschland) können wir mit der eben ermittelten Odds-Ratio-Funktion  $OR(AIS)$  durchführen, wenn uns die Unfallzahlen, differenziert nach Verletzungsschwere, bekannt sind. Die Berechnungen hierzu sind in Anlage 4 (S. 344) dargestellt.

### 2.2.4 Abschätzung der Anteile der Kopfverletzungen in Abhängigkeit vom AIS-Grad

Zur Berechnung der vermiedenen Verletzungen durch Einführung einer Maßnahme fehlen in der Berechnung von Gleichung 75 (S. 347) oder als Startpunkt für das iterative Vorgehen von Kapitel 12.4.1 (S. 348) noch Informationen über die Zahl der Verletzten in einer AIS-Klasse und die Variable  $q_K^{AIS, q_{km}^H}$ , die den Anteil von Kopfverletzungen an allen Verletzungen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere und der Helmtragequote beschreibt. Dies soll im Folgenden abgeschätzt werden.

Der Anteil  $q_K^{AIS, q_{km}^H}$  der kopfverletzten Radfahrer differenziert nach Verletzungs-kategorie errechnet sich aus dem Quotient der kopfverletzten zu allen verletzten Radfahrern. Mit der oben eingeführten Nomenklatur bedeutet dies:

$$q_K^{AIS, q_{km}^H} = \frac{N_K^{AIS}}{N_V^{AIS}} \quad (16)$$

Nach Bauer et al. (2015) sind nur bei 4 % aller tödlichen Unfälle keine Kopfverletzungen feststellbar. Die Angaben basieren auf Obduktionsergebnissen. Nach der oben erfolgten Definition eines Kopfver-

letzten, der dann in diese Klasse gehört, wenn er mindestens eine Kopfverletzung hat, müsste also  $q_K^{AIS6} = 0,96$  sein. Das Statistische Bundesamt in Deutschland (2013) gibt für das Jahr 2013 an, dass 211 von 343 Todesfällen (61 %) von Radfahrern im Straßenverkehr mit bekannter Ursache allein auf Kopfverletzungen zurückzuführen sind. Auf einen ähnlichen Anteil (64 %) kommen Untersuchungen des Bundesamtes für Statistik in der Schweiz (siehe Walter et al., 2012). Allerdings gibt es zusätzlich noch eine Reihe von Fällen, bei denen multiple Ursachen diagnostiziert wurden. Nimmt man diese Fälle hinzu, sind laut Statistischem Bundesamt (2013) 79 % aller tödlichen Unfälle in Deutschland 2013 mit schweren Kopfverletzungen verbunden. Die Daten für Deutschland beziehen sich auf eine Helmtragequote von 17 %-49 % (je nach Datenbasis, siehe Kapitel 4.1.7.2, S. 129). Die Daten für die Schweiz auf eine Helmtragequote von ca. 40 % (Walter et al., 2012).

Hynd et al. (2009) berichten im Rahmen der Auswertung der Datenbasis der Hospital Episode Statistics (HSE) von Fällen der Jahre 1999 bis 2005 über einen Anteil von 40 % ( $q_K^{AIS1+}$ ) an Kopfverletzungen an allen Verletzungen. Für die Helmtragequote der englischen Daten kann man ca. 20 % (Hynd et al., 2009) annehmen.

Aus den Daten von Bambach et al. (2013) errechnen sich die Anteile an Kopfverletzungen für AIS3  $q_K^{AIS3} = 0,54$ . Aus derselben Quelle errechnet sich  $q_K^{AIS2} = 0,22$ . Die Helmtragequote bei der Untersuchung lag bei 75 %. In der Studie (Malczyk, Bauer, Juhra, & Schick, 2014) ergaben sich über 2250 untersuchte Fahrradunfälle ein Wert von  $q_K^{AIS1+} = 0,26$  bei einer Helmtragequote von 17,2 %.

Wertet man die Daten von Otte et al. (2013) aus, ergeben sich Werte von  $q_K^{AIS1} = 0,36$ ,  $q_K^{AIS2} = 0,52$ ,  $q_K^{AIS3} = 0,30$ ,  $q_K^{AIS4} = 0,75$ ,  $q_K^{AIS5} = 0,88$ . Die Daten von  $q_K^{AIS2}$  und insbesondere von  $q_K^{AIS3}$  scheinen unplausibel<sup>18</sup>. Wir vermuten, dass einige der Kopfverletzten Helmnichtträger fälschlich in Klasse 2 statt in Klasse 3 eingeordnet wurden. Korrigiert man diese Zuordnungen ergeben sich die Werte:  $q_K^{AIS1} = 0,36$ ,  $q_K^{AIS2} = 0,48$ ,  $q_K^{AIS3} = 0,50$ ,  $q_K^{AIS4} = 0,75$ ,  $q_K^{AIS5} = 0,88$ . Allerdings kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob unsere Vermutung tatsächlich die Ursache der Inkonsistenz der Daten ist. Die Helmtragequote bei diesen Daten liegt bei 10 %.

### Einschub: Korrektur der unterschiedlichen Helmtragequoten

Der Kopfverletztenquotient  $q_K^{AIS, q_{km}^H}$  hängt wie gesagt von der Helmtragequote ab. Deshalb müssen die eben aufgeführten Befunde zur Herstellung einer Vergleichbarkeit auf eine Normhelmtragequote korrigiert werden. Dies gelingt in Näherung über die Anwendung der iterativen Simulation zur Berechnung der Auswirkungen geänderter Helmtragequoten, wie sie im Anhang 4, Kapitel 12.4.1 (S. 348) vorgestellt wird. Dabei wird beginnend mit einer Startverteilung der Verletzten differenziert nach Verletzungsschwere (übernommen aus den Daten von Otte et al., 2013) die Helmtragequote in kleinen Schritten erhöht bzw. verringert und die daraus resultierenden Veränderungen in den Verletztenzahlen berechnet. Daraus lassen sich dann Änderungen im Kopfverletztenquotienten berechnen.

Korrigiert man so die Daten von Malczyk et al. (2014) auf eine angenommene Normhelmtragequote von 49 %, ergibt sich eine Korrektur von 0,26 auf 0,25. Die Daten von Bambach korrigieren sich bei Berücksichtigung der Helmtragequote auf  $q_K^{AIS1+} = 0,36$  und  $q_K^{AIS3+} = 0,55$ . Die Werte von Hynd verändern sich auf 0,38 %. Aus den Daten von Otte et al. ergeben sich mit allen Korrekturen  $q_K^{AIS1} =$

<sup>18</sup> Es wurde schon über die Ungereimtheiten in den Daten bei Klassen AIS2 und AIS3 berichtet.

0,35,  $q_K^{AIS2} = 0,44$ ,  $q_K^{AIS3} = 0,46$ ,  $q_K^{AIS4} = 0,68$ ,  $q_K^{AIS5} = 0,83$ . Für  $q_K^{AIS6}$  ergibt sich mit Korrektur der Helmtragequote auf 49 % der Wert 0,94.

Fasst man alle Befunde mit der Forderung nach einem glatten Verlauf über die Verletzungsschwere zusammen, kann man folgende Werte für  $q_K(AIS)$  ableiten (Tabelle 13). Die Werte für  $q_{km}^H = 17 \%$  wurden durch iterative Veränderung der Helmtragequote und Berechnungsvorschrift 88 (S. 349) errechnet.

Tabelle 13: Berechnete Werte für  $q_K(AIS)$ ,  $q_{km}^H = 49 \%$  und  $q_{km}^H = 17 \%$

|                    | AIS1 | AIS2 | AIS3 | AIS4 | AIS5  | AIS6 |
|--------------------|------|------|------|------|-------|------|
| $q_{km}^H = 49 \%$ | 0,28 | 0,39 | 0,51 | 0,65 | 0,805 | 0,94 |
| $q_{km}^H = 17 \%$ | 0,3  | 0,43 | 0,57 | 0,71 | 0,85  | 0,96 |

In Abbildung 8 ist der so ermittelte Verlauf mit den eben angesprochenen auf die angenommene Helmtragequote 49 % korrigierten Werten aus den Veröffentlichungen dargestellt.

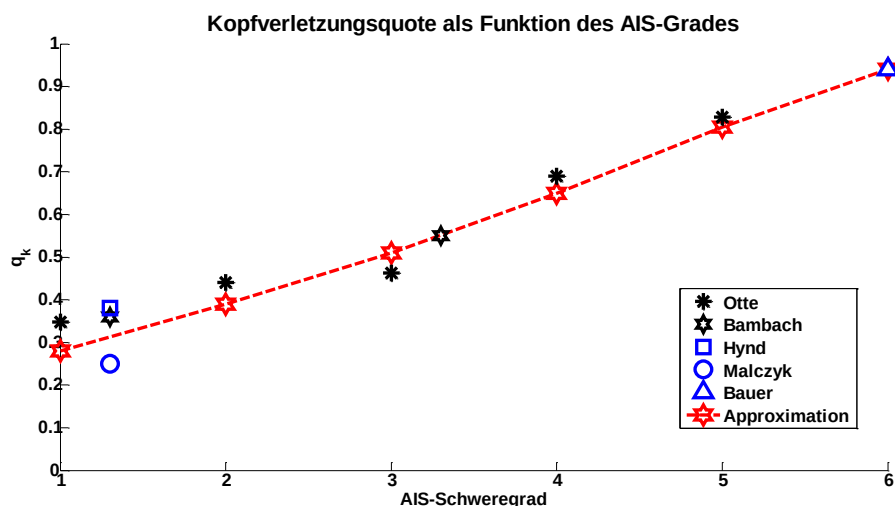


Abbildung 8: Korrigierte Werte der Kopfverletzungsquote und Approximation in Abhängigkeit der Verletzungsschwere für  $q_{km}^H = 49 \%$ .

Den Einfluss der Helmtragequote auf den Kopfverletzungsquotient ist in Abbildung 9 dargestellt. Dazu wurden die eben beschriebenen Simulationen der iterativen Veränderung der Helmtragequote durchgeführt.

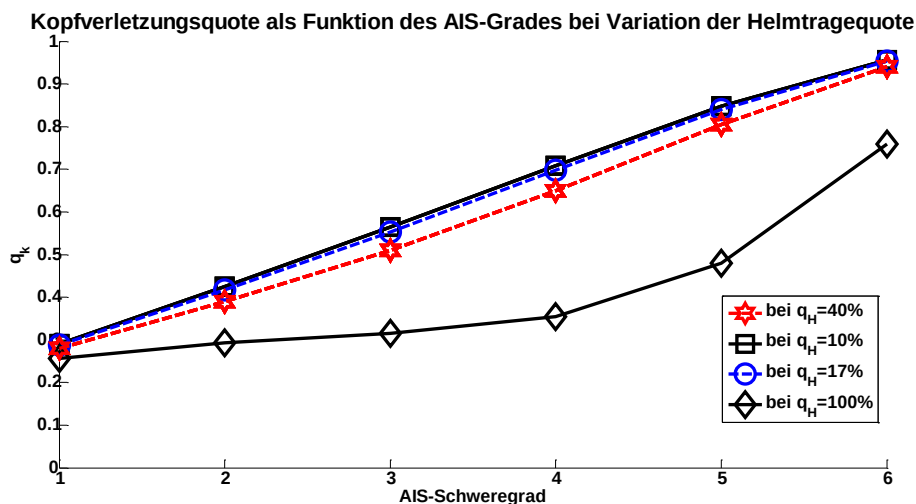


Abbildung 9: Einfluss der Helmtragequote auf Kopfverletzungsquote.

Wie oben für die Odds Ratios geschehen, kann man nun auch Werte für die Kopfverletzungsquoten für Verletzungssummenklassen berechnen. Dies gelingt analytisch, wenn man berücksichtigt, dass sich die Verletztenzahlen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere (kodiert in AIS-Grad) sehr gut als e-Funktion approximieren lassen. Das Verfahren ist in Anhang 5 (S. 349) zusammengefasst.

## 2.2.5 Berechnung der absoluten Verletztenzahlen aus den amtlichen Statistiken

Die Anzahl der Verletzten  $N_U^{AIS}$ , differenziert nach den Verletzungsgraden, werden in Deutschland nicht erfasst und nicht veröffentlicht. Das Statistische Bundesamt unterscheidet in den jährlich veröffentlichten Zahlen nur zwischen leichtverletzten, schwerverletzten und getöteten Radfahrern. Um aus diesen Zahlen auf die  $N_U^{AIS}$  schließen zu können, muss eine Korrespondenz von leicht- und schwerverletzten Fahrradfahrern zu der Verletzungsschwere hergestellt werden. Als Schwerverletzte werden ins Krankenhaus eingelieferte verunfallte Fahrradfahrer bezeichnet, die länger als 24 Stunden dort verweilen. Dies ist bei Fällen >AIS3 immer der Fall. Diese werden sogar als Schwerstverletzte bezeichnet (Baum, Kranz, & Westerkamp, 2010)<sup>19</sup>. Es können aber auch AIS1- oder AIS2-Fälle unter die Schwerverletzten fallen. Aus der oben schon mehrfach zitierten GIDAS-Studie von Otte et al. (2013) (siehe auch Abbildung 6) mit 4245 Fällen kann die gewünschte Verteilung berechnet werden. Dazu wurden die Daten mit dem oben beschriebenen exponentiellen Modell gefittet (Gleichung 15)<sup>20</sup>. Dies ist insbesondere für die höheren Verletzungsklassen (AIS5, AIS6) notwendig, da es hier nur sehr wenige Fälle gab (12 bzw. 2). Wir übernehmen die relativen Anteile, müssen aber die Daten noch bezüglich der aktuellen Helmtragequote in Deutschland korrigieren. Dazu wird eine ähnliche Simulation wie bei der Anpassung der veröffentlichten Kopfverletzungsquoten bezüglich der Helmtragequote durchgeführt.

<sup>19</sup> In (Auerbach, Otte, & Jänsch, 2009) wird für die Definition eines Schwerstverletzten eine etwas differenziertere Festlegung angewandt, die den ISS (Injury Severity Score) mit einbezieht. Demnach können auch MAIS-Grade von 3 oder 4 als nur Schwerverletzte bezeichnet werden. In Ermangelung von ISS-Informationen muss auf diese differenzierte Betrachtung verzichtet werden.

<sup>20</sup> Fit: Anpassung von Parametern einer Funktion, so dass die Funktionswerte mit möglichst wenig Abweichung zu gegebenen Datenpunkten verlaufen.

In Tabelle 14 sind die Daten aus Otte et al. (2013) bezüglich der Aufteilung in Verletzungsschweren und ihrem relativen Anteil abgeleitet aus dem exponentiellen Fit aufgelistet. Neben den Verteilungen der Originaldaten sind die berechneten Anpassungen an die Helmtragequote in Deutschland eingetragen. Da die Feststellung der tatsächlichen Helmtragequote in Deutschland nicht abschließend geklärt werden konnte (siehe Kap. 4.1.7.2, S. 129), wurden zwei Anpassungen gerechnet. Man erkennt, dass die Unterschiede zu den Originaldaten nicht sehr groß sind.

*Tabelle 14: Anteile des AIS-Grades an verletzten Fahrradfahrern (Daten aus Otte et al., 2013)<sup>21</sup>.*

| AIS   | Anteil Original | Anpassung an<br>$q_{km}^H = 17\%$ <sup>22</sup> | Anpassung an<br>$q_{km}^H = 49\%$ <sup>23</sup> |
|-------|-----------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1     | 74,97 %         | 75,12                                           | 76,04                                           |
| 2     | 18,78 %         | 18,71                                           | 18,29                                           |
| 3     | 4,703 %         | 4,65                                            | 4,35                                            |
| 4     | 1,177 %         | 1,156                                           | 1,023                                           |
| 5     | 0,295 %         | 0,2869                                          | 0,2388                                          |
| 6     | 0,0739 %        | 0,0714                                          | 0,0561                                          |
| SUMME | 100 %           | 100 %                                           | 100 %                                           |

Die Grenze zwischen Schwerverletzten und Leichtverletzten kann man aus den veröffentlichten Fallzahlen in Deutschland ableiten. Im Jahr 2014 (Statistisches Bundesamt, 2015c) verunglückten mit Beifahrer insgesamt  $N_V = 77900$  Personen auf dem Fahrrad (ohne Tote), davon waren  $S_V = 14522$  schwerverletzt, das sind 18,64 %. Hinzu kommen 396 Tote<sup>24</sup>. Die Grenze der Schwerverletzten in der Verteilung der verunfallten Fahrradfahrer nach Verletzungsschwere erhalten wir dadurch, dass wir untersuchen, bei welcher Verteilung nach AIS-Graden das Verhältnis 18,64 % erreicht wird. Aus Tabelle 14 wird deutlich, dass die Summe der AIS-Anteile 2 bis 6 etwas höher als 18,64 % sind. Es muss also ein Teil  $\alpha$  der AIS2-Schweren nicht zu den Schwerverletzten zählen. Die Berechnung liefert  $\alpha=70,8\%$  für  $q_{km}^H = 17\%$  und  $\alpha=66,6\%$  für  $q_{km}^H = 49\%$ . Zu den Schwerverletzten zählen also  $\alpha\%$  der AIS2-Verletzten und alle höher Verletzten.

Führt man noch die Kategorie der Schwerstverletzten ein (siehe Baum, Kranz, & Westerkamp, 2010; Malczyk, 2010) und verwendet die Definition von Baum et al. (2010), bei der ein mit AIS3+ Schwerverletzter ein Schwerstverletzter ist, lassen sich dann die absoluten Zahlen der Verletzten nach Schweregrad sowie die Anzahl Schwerstverletzter in Deutschland berechnen (Tabelle 15).

*Tabelle 15: Anzahl der Verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland (2014) nach Schweregrad (für  $q_{km}^H = 17\%$  bzw.  $q_{km}^H = 49\%$ ).*

| AIS | Anzahl | Anteile |
|-----|--------|---------|
|-----|--------|---------|

<sup>21</sup> Nach Korrektur der Anomalien bei den AIS2-, AIS3-Verletzten

<sup>22</sup> Entspricht der aktuellen (2015), von der Bundesanstalt für Straßenwesen gemeldeten Helmtragequote (Wandtner, 2015). Siehe auch Diskussion in Kapitel 4.1.7.2, S. 131.

<sup>23</sup> Entspricht der aus Daten der eigenen Erhebung ermittelten Helmtragequote (Kapitel 4.1.7.2, S. 131)

<sup>24</sup> Einschließlich Pedelecs

|       | 17 %                     | 49 %  | 17 %                                               | 49 %                                               |
|-------|--------------------------|-------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1     | 58564                    | 59267 | 92 % der Leichtverl.                               | 93 % der Leichtverl.                               |
| 2     | 14586                    | 14259 | Davon 4872 Leichtverl. = 8%                        | Davon 4872 Leichtverl. = 7%                        |
| 3     | 3628                     | 3391  | 4753 Schwerstverletzte<br>=33 % der Schwerverletz. | 4377 Schwerstverletzte<br>=33 % der Schwerverletz. |
| 4     | 901                      | 797   |                                                    |                                                    |
| 5     | 224                      | 186   |                                                    |                                                    |
| 6     | 56                       | 44    | Tote (Aus der Klasse AIS6)                         |                                                    |
| Tote  | 396                      |       | inkl. AIS6                                         |                                                    |
| SUMME | 77900 <sup>25</sup> +396 |       |                                                    |                                                    |

## 2.2.6 Berechnung der Dunkelziffern

Die durch das Statistische Bundesamt veröffentlichten Verletzten- und Getötetenzahlen stellen nur einen Teil des Unfallgeschehens dar. Dies stellen Juhra et al. (2012) bei der Darstellung einer Studie im Umfeld von Münster mit 2250 verletzten Fahrradfahrern fest. Von diesen wurden 1527 (67,9 %) nicht von der Polizei erfasst und tauchen deshalb in der offiziellen Statistik nicht auf. Das hängt insbesondere mit der hohen Zahl von Alleinunfällen zusammen. Laut Kubitzki (2013) werden 80 % der Stürze von Fahrradfahrern in der amtlichen Statistik von Österreich nicht erfasst. Zu einem ähnlichen Wert (75 %) kommt die Erhebung in Krankenhäusern von v. Below (2016) <sup>26</sup>. Für Alleinunfälle berichtet v. Below von einer erwarteten Dunkelziffer von ca. 95 %. Bei Unfällen mit Pkw waren dies nur 31 %, bei Unfällen mit Fahrradfahrern ca. 88 %. In Bambach (2013) wird berichtet, dass nur 22 % aller in Krankenhäusern identifizierten verletzten oder getöteten Fahrradfahrer von der Polizei registriert wurden. Also auch hier eine Dunkelzifferquote von 78 %.

Malczyk et al. (2014) berichten von einem Anteil von Alleinunfällen von 27 %, der genauso hoch war wie Unfälle mit PKW-Kollision. Schepers et al. (2015) untersuchen auf Basis einer Literaturrecherche Alleinunfälle in 17 Staaten. 60 % bis 96 % (letzteres in der Türkei mit N=150) der Fahrradfahrer, die in Krankenhäusern eingeliefert wurden, sind ohne weiteren Unfallbeteiligten verunfallt. Im Mittel waren 17 % der tödlichen Unfälle auf Alleinunfälle zurückzuführen. Persaud et al. (2012) berichten von 11,6 % Alleinunfällen bei N=129 registrierten getöteten Fahrradfahrern in Ontario, Kanada zwischen 2006 bis 2010. In Deutschland waren in den Jahren 2008 bis 2010 21 % der tödlich verletzten Fahrradfahrer auf Alleinunfälle zurückzuführen (ETSC, 2012). Alleinunfälle werden von der Polizei nicht immer als Unfalltote klassifiziert, insbesondere wenn eine vorausgehende schwere Gesundheitsstörung als Todesursache vermutet wird. In der Studie von Malczyk (2010) wurden von 12 getöteten Fahrradfahrern 3 (25 %) polizeilich nicht als Verkehrsunfallopfer erfasst.

Die Daten deuten darauf hin, dass es bei Unfällen von Fahrradfahrern eine hohe Dunkelziffer gibt, die allerdings von der Schwere der Verletzung abhängt. Schwerere Verletzungen werden häufiger

<sup>25</sup> Die Summe ist um die 56/44 AIS6-Fälle höher als alle Verletzten. Letztere gehören in die Rubrik der Toten

<sup>26</sup> Mit Fortschreibung des Anteils der Patienten, die keine Angaben machten mit der Dunkelzifferquote der Patienten mit Angaben.



gemeldet. Dies ist auch bei anderen Unfällen im motorisierten Kraftverkehr der Fall. Allerdings sind dort die Dunkelziffern erheblich geringer (Baum, Kranz, & Westerkamp, 2010).

Wir gehen bei den weiteren Berechnungen davon aus, dass für AIS1 75 % der Unfälle polizeilich nicht erfasst sind. Für die AIS-Klasse 6 setzten wir eine Dunkelziffer von 0 an. Solche Unfälle werden mit hoher Wahrscheinlichkeit genauer untersucht und ein nicht als Verkehrsunfall deklarierter Alleinunfall in dieser Kategorie erscheint relativ unwahrscheinlich. Die Dunkelziffern für die anderen Schweregrade werden linear interpoliert. Für getötete Radfahrer setzen wir in Anlehnung an Malczyk (2010), der eine Dunkelziffer für Tod von 25 % fand, eine konservative Dunkelziffer von 20 % an.

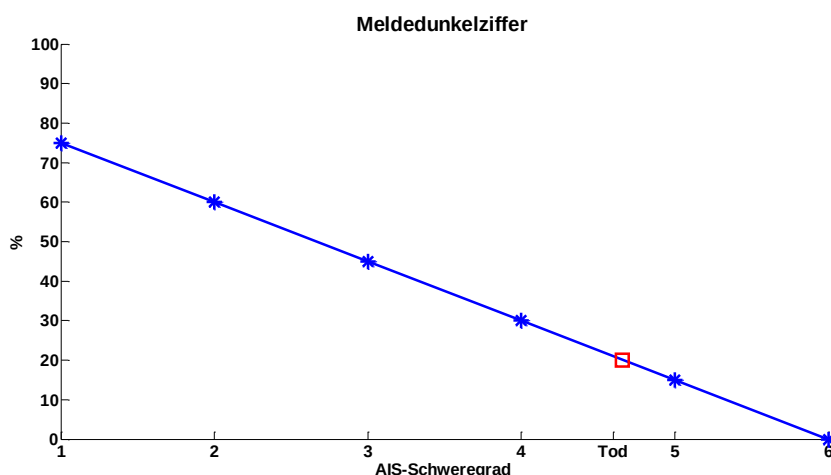


Abbildung 10: Angenommen Dunkelziffern (Prozent der polizeilich nicht erfassten Fälle) in Abhängigkeit des Verletzungsschweregrades AIS. Eingetragen ist außerdem die Dunkelziffer für Tod.

Es wurden folgende Dunkelziffern angenommen:

Tabelle 16: Dunkelziffern

| AIS1 | AIS2 | AIS3 | AIS4 | AIS5 | AIS6 | Tod  |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 75 % | 60%  | 45 % | 30 % | 15 % | 0 %  | 20 % |

Mit Hilfe dieser Annahme lassen sich dann die Werte von Tabelle 15 mit der AIS-differenzierten Dunkelziffer  $q_D^{AIS}$  gemäß der Vorschrift

$$N_{Korr}^{AIS} = \frac{N_{Registriert}^{AIS}}{1 - q_D^{AIS}} \quad (17)$$

korrigieren. In Tabelle 17 sind die korrigierten Werte aufgeführt.

Tabelle 17: Anzahl der um die Dunkelziffer korrigierten verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland (2014) nach Schweregrad (für  $q_{km}^H = 17\%$  bzw.  $q_{km}^H = 49\%$ ).

| AIS | Anzahl |      | Anteile |      |
|-----|--------|------|---------|------|
|     | 17 %   | 49 % | 17 %    | 49 % |

|       |                                  |        |                            |                         |
|-------|----------------------------------|--------|----------------------------|-------------------------|
| 1     | 234245                           | 237065 | Leichtverletzte            |                         |
| 2     | 36471                            | 35648  | Davon 12180 Leichtverl.    | Davon 10388 Leichtverl. |
| 3     | 6591                             | 6165   | 8154 Schwerstverletzte     | 7530 Schwerstverletzte. |
| 4     | 1297                             | 1139   |                            |                         |
| 5     | 266                              | 219    |                            |                         |
| 6     | 56                               | 44     | Tote (Aus der Klasse AIS6) |                         |
| Tote  | 495                              |        | inkl. AIS6                 |                         |
| SUMME | 278927/280283 <sup>27</sup> +495 |        |                            |                         |

*Tabelle 18: Anzahl der verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland (2014) klassifiziert nach Leichtverletzten (LV), Schwerverletzten (SV) und Toten (T) mit Berücksichtigung der Dunkelziffer (für  $q_{km}^H = 17\%$  bzw.  $q_{km}^H = 49\%$ ).*

|    | 17 %    | 49 %    |
|----|---------|---------|
| LV | 246.427 | 247.456 |
| SV | 32.439  | 32.789  |
| T  | 495     |         |

*Tabelle 19: Anzahl der verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland (2014) klassifiziert nach Leichtverletzten (LV), Schwerverletzten (SV), Schwerstverletzten (SSV) und Toten (T) mit Berücksichtigung der Dunkelziffer (für  $q_{km}^H = 17\%$  bzw.  $q_{km}^H = 49\%$ ).*

|     | 17 %    | 49 %    |
|-----|---------|---------|
| LV  | 246.427 | 247.456 |
| SV  | 24.285  | 25.259  |
| SSV | 8.154   | 7.530   |
| T   | 495     |         |

<sup>27</sup> Die Summe ist um die 56/44 AIS6-Fälle höher als alle Verletzten. Letztere gehören in die Rubrik der Toten

## 2.2.7 Differenzierung nach Altersklassen

Übernimmt man die Altersverteilung der Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten aus dem Jahr 2014 vom Statistischen Bundesamt (Statistisches Bundesamt, 2015c) und projiziert diese auf das eben beschriebene Verfahren zur dunkelzifferkorrigierten Berechnung von Leichtverletzten, Schwerverletzten und Getöteten, ergeben sich die in Tabelle 20 dargestellten Daten. In die Tabelle sind auch die VSL-Äquivalente (siehe Kap. 4.7.2.1, S. 192) eingetragen.

*Tabelle 20: Anzahl der verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland (2014) differenziert nach Alter und klassifiziert nach Leichtverletzten (LV), Schwerverletzten (SV), Schwerstverletzten (SSV) und Toten (T) mit Berücksichtigung der Dunkelziffer (für  $q_{km}^H = 17\%$ ).*

| Altersklasse | LV      | SV     | SSV   | T   | VSL1-Äquivalente <sup>28</sup> | VSL2-Äquivalente <sup>29</sup> | VLS2 auf Fahrleistung bezogen <sup>30</sup> |
|--------------|---------|--------|-------|-----|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|
| 0-9 Jahre    | 7.558   | 575    | 194   | 5   | 117                            | 155                            | 88                                          |
| 10-19 Jahre  | 47.177  | 3.085  | 1.041 | 31  | 692                            | 904                            | 159                                         |
| 20-64 Jahre  | 153.726 | 14.395 | 4.855 | 176 | 2.840                          | 3.585                          | 142                                         |
| 65-79 Jahre  | 31.277  | 4.765  | 1.607 | 179 | 978                            | 1.111                          | 200                                         |
| 80-99 Jahre  | 6.161   | 1.467  | 495   | 104 | 335                            | 356                            | 1297                                        |

*Tabelle 21: Anteil der VSL-Äquivalente der Altersklassen an der Gesamtmenge (für  $q_{km}^H = 17\%$ ).*

| Altersklasse | VSL1 <sup>31</sup> | VSL2   |
|--------------|--------------------|--------|
| 0-9 Jahre    | 2,4 %              | 2,5 %  |
| 10-19 Jahre  | 13,4 %             | 14,8 % |
| 20-64 Jahre  | 57,6 %             | 58,7 % |
| 65-79 Jahre  | 19,8 %             | 18,2 % |
| 80-99 Jahre  | 6,8 %              | 5,8 %  |

<sup>28</sup> VSL ist Wert des statistischen Lebens (siehe 4.7.2.1, S. 196). VSL1 entspricht der nationale Berechnungsmethode mit Differenzierung nach Schwer- und Schwerstverletzten (siehe Kap. 4.7.2.3, S. 214).

<sup>29</sup> Internationale Berechnungsmethode ohne Differenzierung nach Schwer- und Schwerstverletzten.

<sup>30</sup> In VSL2 pro eine Milliarde Fahrkilometer. Zur Definition VSL2 siehe 4.7.2.1, S. 222.

<sup>31</sup> Siehe Kap. 4.7.2.1, S. 213

## 2.2.8 Berechnung des Anteils der getöteten Radfahrer aus unterschiedlichen Klassen von Verletzungsschweren

In den vergangenen Abschnitten wurde eine Methode vorgestellt, um auszurechnen, welche Verletzungen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere durch eine Maßnahme mit der Folge der Veränderung des Helmtrageverhaltens (also z.B. eine Helmpflicht) vermieden werden <sup>32</sup> und wie sich dies in der Verteilungsfunktion der Verletzten widerspiegelt. Dies Verfahren ist nicht direkt auf die Berechnung der vermiedenen Toten übertragbar. Tote sind nämlich nicht einfach nur besonders stark Verletzte, sondern sie rekrutieren sich aus allen Verletzungsschwereklassen, da die Letalität auch für die unteren Verletzungsschwereklassen ungleich Null ist. Es gibt also einen Unterschied zwischen der Verletzungsklasse AIS6 und der Klasse der Toten. AIS6-Verletzte sind tot, aber nicht alle Tote waren AIS6-Verletzte. Daraus folgt, dass auch z. B. das Odds Ratio für Tote ein anderes sein muss als ein Odds Ratio für AIS6-Verletzte. Im Folgenden wird eine Methode vorgestellt, mit der die Berechnungen der Wirkung einer Veränderung einer Helmtragequote auf die Getötetenzahlen analog zu dem oben beschriebenen Verfahren durchgeführt werden kann.

Für die weiteren Berechnungen benötigen wir Letalitätszahlen der Verletzungsschwereklassen und Wahrscheinlichkeiten, mit der ein durch einen Unfall getöteter Radfahrer aus einer spezifischen Verletzungsschwereklasse stammt.

Für die Berechnung hier wird auf Daten aus O'Brien (2010) zurückgegriffen. In Zusammenarbeit mit der VW-Forschung analysiert er Unfalldaten (PKW-Unfälle) der Jahre 1996 bis 2005 aus dem GIDAS-Datensatz. Folgende Fallzahlen von MAIS-Daten <sup>33</sup> sind veröffentlicht.

*Tabelle 22: GIDAS-Fallzahlen als Basis der MAIS-Berechnung (aus O'Brien, 2010)*

| MAIS  | Gesamtanzahl | Überlebt | verstorben |
|-------|--------------|----------|------------|
| 1     | 13346        | 13326    | 20         |
| 2     | 3213         | 3201     | 12         |
| 3     | 826          | 791      | 35         |
| 4     | 225          | 191      | 34         |
| 5     | 157          | 66       | 91         |
| 6     | 119          | 0        | 119        |
| SUMME | 17886        | 17575    | 311        |

Man erkennt aus Tabelle 22, dass alle MAIS-Gruppen zu den Getötetenzahlen beitragen. Abbildung 11 zeigt den Anteil der Getöteten aus einer MAIS-Klasse.

<sup>32</sup> Oder was der Helm jetzt schon nützt.

<sup>33</sup> MAIS = maximaler AIS

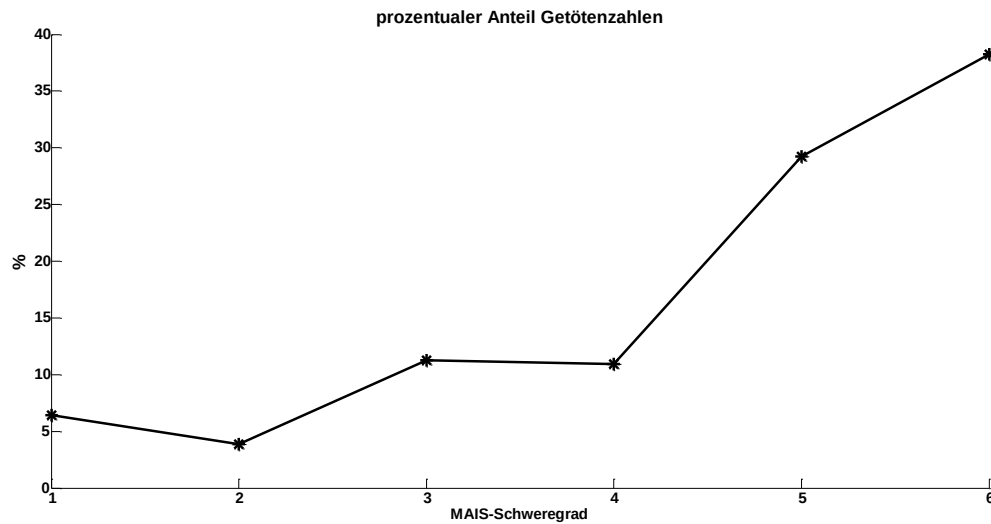


Abbildung 11: Verteilung der Getötetenzahlen über die MAIS-Schweregruppen.

Durch diese wurde eine Ausgleichskurve mit Hilfe von Ausgleichssplines (Engeln-Müllges & Reutter, 1994) im Sinne minimaler Fehlerquadrate (nichtlineare Regression) gelegt (Abbildung 12).

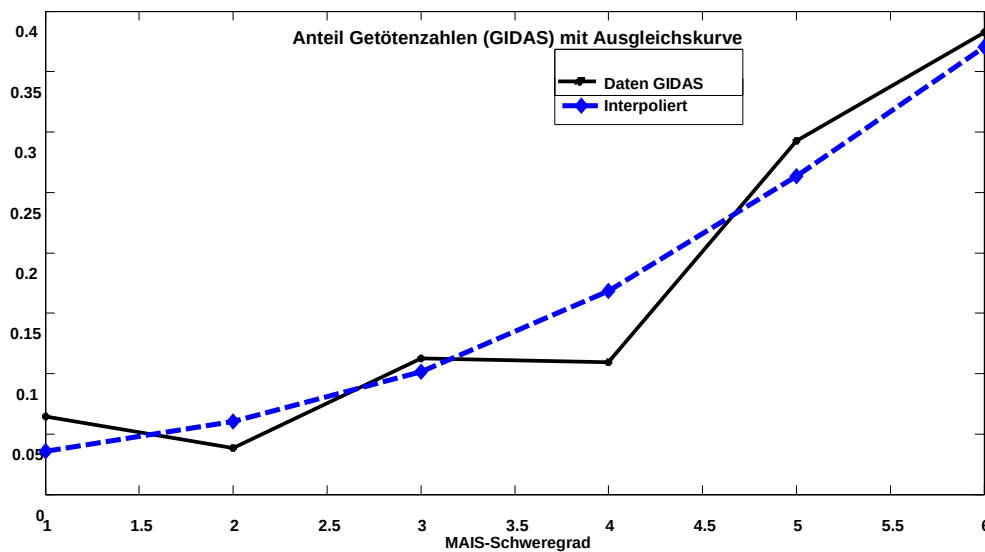


Abbildung 12: Verteilung der Getötetenzahlen über die MAIS-Schweregruppen mit Ausgleichskurve.

Für den Anteil der Getöteten aus einer Klasse ergeben sich dann folgende gefilterte (korrigierte) Häufigkeiten:

Tabelle 23: Gefilterter Anteil der Toten an der Gesamttothenzahl, der aus einer MAIS-Klasse kommt.

| MAIS | Original GIDAS | Korrigiert |
|------|----------------|------------|
| 1    | 6,4 %          | 3,6 %      |

|       |        |        |
|-------|--------|--------|
| 2     | 3,8 %  | 6,0 %  |
| 3     | 11,2 % | 10,2 % |
| 4     | 10,9 % | 16,8 % |
| 5     | 29,2 % | 26,4 % |
| 6     | 38,3 % | 37,0 % |
| SUMME | 100 %  | 100 %  |

Aus Tabelle 22 lassen sich Letalitätsraten berechnen, indem man die Anzahl der Getöteten jeder AIS-Klasse durch die Gesamtanzahl der Fälle in der Klasse teilt. Über eine Interpolation lassen sich auch Zwischenklassen-Letalitäten errechnen (Tabelle 24). In Abbildung 13 ist die Abhängigkeit Letalität über den MAIS-Schweregrad dargestellt.

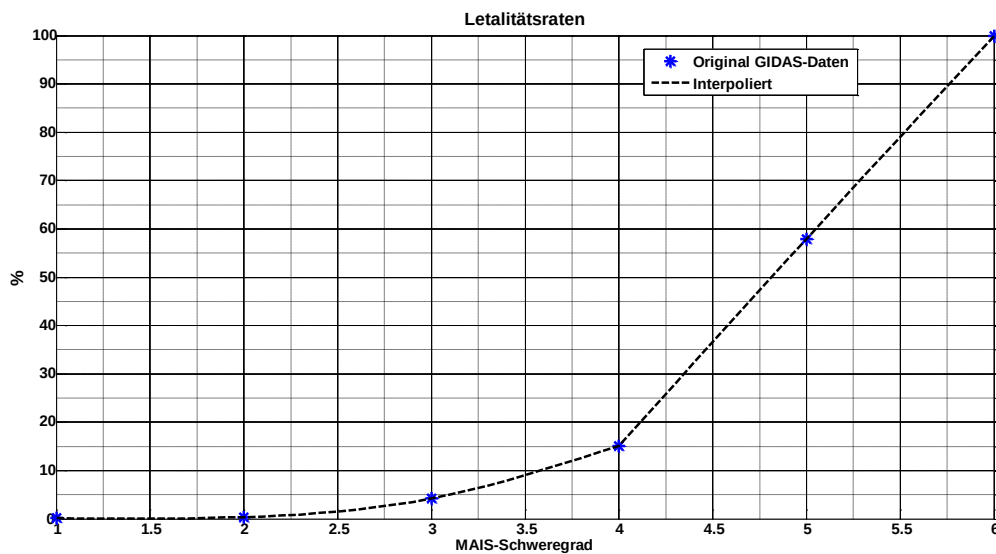


Abbildung 13: Letalität in Abhängigkeit der MAIS-Schwere. Die Interklassenwerte ergeben sich aus einer Interpolation.

Tabelle 24: Letalitätsraten.

| MAIS     | Letalitätsrate |
|----------|----------------|
| <b>1</b> | 0,15 %         |
| 1,5      | 0,17 %         |
| <b>2</b> | 0,37 %         |
| 2,5      | 1,5 %          |
| <b>3</b> | 4,23 %         |
| 3,5      | 9,0 %          |

|          |        |
|----------|--------|
| <b>4</b> | 15,1 % |
| 4,5      | 36,6 % |
| <b>5</b> | 58,0 % |
| 5,5      | 79,1 % |
| <b>6</b> | 100 %  |

Aus den Letalitätsraten lässt sich ein Letalitätsvektor

$$\delta = [0,0015; 0,0037; 0,0423; 0,151; 0,58; 1] \quad (18)$$

aufstellen. Seine Elemente beziffern die Überlebenswahrscheinlichkeiten der AIS-Klassen 1 bis 6.

In O'Brian sind auch GIDAS-Daten für AIS-Schweren veröffentlicht. Die Fallzahlen in den Klassen sind aber häufig nur einstellig und deshalb wesentlich weniger aussagekräftig. O'Brien zeigt, dass die Unterschiede in den Letalitätsraten zwischen MAIS- und AIS-Skala bei seinen Zahlen nicht signifikant sind. Wir gehen also im Folgenden davon aus, dass die Letalitätsdaten aus der MAIS-Berechnung auch für AIS-Analysen herangezogen werden können.

### *2.2.8.1 Anpassung an Fahrradsituation*

Die obige Ableitung der Letalitätswahrscheinlichkeiten wurde auf Basis von Pkw-Unfällen abgeleitet. Wegen der Allgemeinheit der Ermittlung von AIS-Werten, kann man davon ausgehen, dass die Letalitäts-Wahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von der in AIS gemessenen Schwere der Verletzung auch für Fahrradunfälle gelten. Es könnte aber sein, dass die Häufigkeiten von tödlichen Unfällen bezogen auf die Schwere der Verletzung (wie in Abbildung 12 für Pkw-Unfälle gezeigt) bei tödlichen Fahrradunfällen eine andere Verteilung aufweisen.

Um dies zu ermitteln, greifen wir auf Daten des Instituts für Rechtsmedizin München mit 117 zwischen den Jahren 2003 und 2009 dokumentierten tödlich verunfallten Fahrradfahrern (Bauer, Schick, Wagner, Zhou, Peldschus, & Malczyk, 2015) zurück. Abbildung 14 macht deutlich, dass bei den reinen Fahrradunfällen offensichtlich weniger häufig AIS 6 diagnostiziert wurde und die Kurve zwischen AIS1-AIS5 steiler verläuft. Es sei aber bemerkt, dass die Fallzahlen für kleine AIS-Werte mit 0 (AIS1), 2 (AIS2) und 13 (AIS3) Fällen bei der Münchner Studie sehr klein sind. Für AIS1 und AIS2 wurden die Daten deshalb leicht in Richtung der GIDAS-Kurve angepasst.

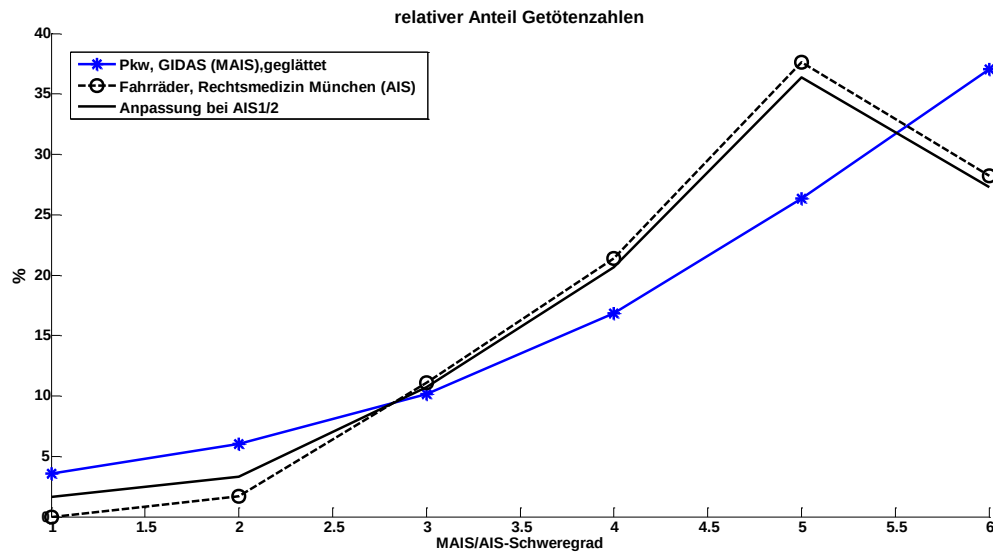


Abbildung 14: Relativer Anteil (in %) der Getöteten in Abhängigkeit der Verletzungsschwere. Vergleich Pkw-Fahrer mit Fahrradfahrer.

Mit den korrigierten Daten erhalten wir folgende Anteile der getöteten Fahrradfahrer an der Gesamtzahl.

Tabelle 25: Anteile an allen Getöteten.

| AIS   | Anteil in % |
|-------|-------------|
| 1     | 1,62        |
| 2     | 3,24        |
| 3     | 10,73       |
| 4     | 20,64       |
| 5     | 36,44       |
| 6     | 27,33       |
| SUMME | 100         |

Mit dem Wissen um die Anzahl der getöteten Fahrradfahrer (inkl. Mitfahrer) in Deutschland kann man ableiten, aus welcher AIS-Gruppe die Getöteten stammen. Wir haben oben (Tabelle 17, S. 41) die Zahl der Toten für das Jahr 2014 zu 495 berechnet.

Mit der Verteilung der Getötetenzahlen nach Höhe der Verletzung gemäß Tabelle 25 ergibt sich folgende Tabelle von getöteten Fahrradfahrern in Deutschland im Jahr 2014, differenziert nach der Verletzungsschwere.



*Tabelle 26: Anzahl getöteter Fahrradfahrer (mit Beifahrer) 2014 in Deutschland in Abhängigkeit der Verletzungsschwere.*

| AIS   | Tote 2014 |
|-------|-----------|
| 1     | 8         |
| 2     | 16        |
| 3     | 53        |
| 4     | 102       |
| 5     | 180       |
| 6     | 136       |
| SUMME | 495       |

### 2.2.9 Berechnung der durch die Schutzwirkung des Helmes vermiedenen tödlich verunfallten Radfahrer in Deutschland

Die Wirkung der Benutzung des Fahrradhelms ist besonders bei schweren Verletzungen erkennbar. Das wird insbesondere bei der Betrachtung tödlich verunfallter Fahrradfahrer deutlich. Allerdings ist die Datenlage hier sehr dünn. Es gibt nur wenige Studien, die Getötetenzahlen in Verbindung mit der Helmnutzung bringen. Selbst in großen Studien sind die Fallzahlen Getöteter oft gering. Mit einer Fallzahl von über 6000 gab es bei Bambach et al. (2013) nur 18 Tote. Bei der von Attewell et. al (2001) aus 6 Studien abgeleitete Helmwirkung bei Tod lag für die Helmnutzer teilweise kein einziger Toter vor. Deshalb sind die in Kapitel 2.1 referierten Befunde über Getötetenzahlen in Abhängigkeit des Helmtragens (siehe insbesondere Tabelle 7, S. 18) und die abgeleiteten OR für Tod mit sehr viel Vorsicht zu behandeln.

Im Folgenden stellen wir einen Ansatz vor, der das  $OR^{Tod}$  aus theoretischen Überlegungen ableitet. Bei Kenntnis der OR-Werte für die einzelnen AIS-Klassen und der Wahrscheinlichkeit, mit der aus der Klasse ein Toter resultiert, kann man  $OR^{Tod}$  berechnen. Dazu nutzen wir die im Anhang 3 (S. 343) erarbeitete Gleichung 48 zur Berechnung der Odds Ratios von Untermengen von Verletzten und die Letalitätswahrscheinlichkeiten (Tabelle 24). Das Odds Ratio für Tod berechnet sich dann dadurch, dass man die Teilmengen der Verletztetenzahlen mit dem Letalitätsvektor (Gleichung 18) als Wichtungsfaktor zur Berechnung eines Mengen-ORs gemäß Gleichung 49 (S. 344) benutzt. Damit erhält man:

$$OR^{Tod} = 0,378 \quad (19)$$

Bei der Kopfverletztenquote orientieren wir uns an (Bauer, Schick, Wagner, Zhou, Peldschus, & Malczyk, 2015) und setzten wie in Tabelle 13 (S. 37) für die Klasse AIS6 auf  $q_k(\text{Tod}) = 0.94/0.96$ . Für die Dunkelziffer setzten wir die Dunkelziffer der Klasse AIS6 an (Abbildung 10, S. 41).

Damit sind mit dem oben erläuterten Weg zur Berechnung von vermiedenen Verletzten alle Bestimmungsgrößen zur Berechnung der vermiedenen Toten vorhanden. Die Berechnung erfolgt analog zu Formel 75 (S. 347), wobei  $N_{U0}^{AIS}$  durch die Zahl der mit der Dunkelziffer korrigierten Getötetenzahlen  $Tote\_korr$  aus der amtlichen Statistik ersetzt wird.

$$\Delta_{N^{kTod}}^{0 \rightarrow 1} = N^{Tote\_korr} \left( \frac{PAR^{1Tod} - PAR^{0Tod}}{1 + PAR^{1Tod}} \right) \quad (20)$$

mit

$$PAR^{0/1Tod} = q_K^{Tod} \cdot \frac{q_{H0/1}(1 - OR^{Tod})}{1 - q_{H0/1}(1 - OR^{Tod})} \quad (21)$$

Die oben berechneten vermiedenen AIS6-Verletzten sind auch vermiedene Getötete, sind aber in den aus der Statistik der getöteten Fahrradfahrer abgeleiteten  $\Delta_{N^{kTod}}^{0 \rightarrow 1}$  enthalten.

## 2.2.10 Berechnung der durch die vermiedenen tödlich verunfallten Radfahrer in Deutschland ansteigende Zahl von Verletzten

Die durch verändertes Helmtrageverhalten vermiedenen Toten werden nicht ganz aus den Unfallstatistiken herausfallen, da die Schutzwirkung des Helmes in vielen Fällen zwar die Schwere der Verletzungen reduziert – aber nicht in dem Maße, dass die Unfallopfer dadurch völlig unverletzt bleiben. Die vermiedenen Toten werden also zu neuen Schwer- oder Leichtverletzten. Die vermiedenen Verletzten der unterschiedlichen AIS-Klassen sind gemäß der Definition des Odds-Ratios alle Unverletzten. Helmwirkungen, die beispielsweise einen Übergang von Schwerverletzten zu Leichtverletzten enthalten, sind in der Form der Odds-Ratio-Funktion in Abhängigkeit vom AIS-Schweregrad schon enthalten. Bei der Berechnung der Wirkung des Helmes auf die Getötetenzahlen gilt dies aber nicht, da die Getöteten sich aus allen AIS-Klassen zusammensetzen.

Zur Berechnung der AIS-Klassen der durch Helmnutzung vermiedenen Toten nehmen wir nun an, dass die Vermeidung des Todes derselben Wahrscheinlichkeit unterliegt wie die Ursache des Todes. Mit der Wahrscheinlichkeit, die beispielsweise bei einer AIS1-Verletzung zum Tode führt, wird der Tod gemäß  $OR^{Tod}$  auch vermieden. Dies berechnen wir mit den oben abgeleiteten Häufigkeiten für die Folge Tod nach Verletzung gemäß der Tabelle 25.

Allerdings muss diese dahingehend korrigiert werden, dass die Kategorie AIS6 gesondert behandelt werden muss, da Verletzungen mit AIS6 definitionsgemäß nicht mit dem Leben vereinbar sind. Nun lassen sich mit dem in Anhang 4 (S. 344) vorgestellten Verfahren und den oben abgeleiteten Verletzungszahlen die beim Übergang zu höheren Helmtragequoten reduzierten Verletzten der AIS-Klasse 6 berechnen. Die gemäß der Definition von AIS6 vermiedenen Getöteten sind  $\Delta_{N^{kAIS6}}^{0 \rightarrow 1}$ . Wie oben erläutert, sind diese  $\Delta_{Tote6}$  Unverletzte (AIS0). Alle restlichen vermiedenen Getöteten  $\Delta_{N^{kTod}}^{0 \rightarrow 1} - \Delta_{Tote6}$  resultieren aus vermiedenen Verletzten gemäß der Häufigkeit eines Todes nach Verletzung der Schwere AIS1 bis AIS5 (Tabelle 25). Zusammengefasst setzen sich also die vermiedenen Toten aus vermiedenen Toten der AIS-Klasse 6 und aus vermiedenen Toten aus anderen AIS-Klassen zusammen.

Die Verteilung muss deswegen wegen des Wegfalls der Klasse 6 korrigiert werden. Die Proportionen errechnen sich nach Abzug der AIS6-Klasse in neuem Schlüssel gemäß Tabelle 27. Diese werden so

errechnet, dass die Proportionen zwischen AIS-Klassen gemäß Tabelle 25 für die Klassen 1 bis 5 erhalten bleiben, die Proportionen aber auf die Summe 1 normiert werden <sup>34</sup>.

*Tabelle 27: Anteile an Leicht- oder Schwerverletzten der vermiedenen Toten bei Abzug der Klasse AIS6.*

| AIS   | Anteil in % |
|-------|-------------|
| 1     | 2,3         |
| 2     | 4,5         |
| 3     | 14,8        |
| 4     | 28,4        |
| 5     | 50          |
| SUMME | 100         |

Sei also die Zahl  $\Delta_{Tote} = \Delta_{N^{kTod}}^{0 \rightarrow 1}$  der reduzierten Toten gemäß Vorschrift 50. Dann errechnet sich die Veränderung der Verletztenreduzierung durch Reduzierung von Getöteten in den Verletzungsklassen wie folgt:

*Tabelle 28: Veränderung nach Verletzungsschweren.*

| AIS | Veränderung der Verletztenreduzierung durch Reduzierung von Getöteten |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|
| 1   | $+0,023(\Delta_{Tote} - \Delta_{Tote6})$                              |
| 2   | $+0,045(\Delta_{Tote} - \Delta_{Tote6})$                              |
| 3   | $+0,148(\Delta_{Tote} - \Delta_{Tote6})$                              |
| 4   | $+0,284(\Delta_{Tote} - \Delta_{Tote6})$                              |
| 5   | $+0,5 * (\Delta_{Tote} - \Delta_{Tote6})$                             |
| 6   | $-\Delta_{Tote6}$                                                     |

Mit den Daten von Tabelle 27 und der Berechnungsvorschrift von Tabelle 28 lassen sich dann die Änderungen in den AIS-Klassen berechnen.

### 2.2.11 Zusammenfassung

Es wurde ein Verfahren vorgestellt, mit dem die Wirkung einer Maßnahme zur Erhöhung der Helmtragequote in Deutschland berechnet werden kann. Entscheidender Unterschied zu bisherigen Ansätzen ist der Übergang von einem einzigen Wert eines Odds Ratios als quantitativem Repräsentant der unfallmindernden Wirkung des Helmes zu einer Funktion in Abhängigkeit der Verletzungsschwe-

---

<sup>34</sup>  $q_{AISi} = \frac{q_{AISi}}{\sum_{i=1}^5 q_{AISi}}$

re, repräsentiert durch den AIS-Schweregrad. Es wurde gezeigt, dass man nur über diesen Weg Studien, die verschiedenen Verkehrsrahmenbedingungen ermittelt wurden, vergleichen kann. Der Übergang zu einer Odds-Ratio-Funktion in Abhängigkeit des AIS-Schweregrads erlaubt eine differenzierte Berechnung, was insbesondere für die hohen Schweregrade von Bedeutung ist. Die Differenzierung erlaubt dann auch für die Kosten-Nutzen-Analyse eine Differenzierung in Schwer- und Schwerstverletzte. Da die Kosten der Schwerstverletzten ein Vielfaches der nur Schwerverletzten betragen, wirkt sich dies entscheidend auf den monetär berechenbaren Nutzen einer Helmbenutzung aus.

Die Differenzierung in Verletzungsschweren wurde dann auf die Darstellung des Anteils der Kopfverletzungen an allen Verletzungen und auf eine Dunkelziffer übertragen, die zum ersten Mal in Nutzenberechnungen quantitativ hinterlegt zur Berechnung der Opferzahlen herangezogen wurden. Mit der Methode wurde der praktisch nicht ermittelbare Wert des Odds Ratios für Tod auf Basis theoretischer Überlegungen abgeleitet.

Schließlich wurde ein Verfahren entwickelt, um – für Verletzte und Tote getrennt – auf die durch die Änderung der Helmtragequote verursachte veränderte Verteilung in den Verletzungsklassen zu schließen.

## 2.3 Erhöhung des Risikos für Strangulations- und Rotationstraumata durch den Helm

Nachdem ausführlich auf den Nutzen des Fahrradhelms und auf quantitative Berechnungen eingegangen wurde, sollen auch mögliche negative Auswirkungen des Helmtragens untersucht werden. Eines der möglichen Risiken liegt in dem Potential von vermehrten Strangulations- und Rotationstraumata. Vereinzelt finden sich in der Literatur Verweise auf Strangulationstraumata (versehentliche Selbststrangulation am Helmgurt) oder Rotationstraumata (größere Rotationsbewegung des Kopfes in Folge der Helmnutzung und damit andere, schwerere Hirnschädigungen bei Unfällen).

**Rotationstraumata** sind als eine Art der Hirnverletzung bereits in den o. g. Kopf-ORs enthalten. Haben sie also tatsächlich einen negativen Einfluss, ist dieser dort schon verrechnet. Auch Hynd et al. (2009) fanden im Rahmen ihrer umfangreichen Untersuchung zum Potential von Fahrradhelmen keine Belege für eine erhöhtes Risiko für Rotationstraumata, wobei sie Strangulationstraumata unerwähnt ließen.

Für **Strangulationstraumata** durch Fahrradhelme werden einige Einzelfälle beschrieben, zum Beispiel durch Kuntz, Reuhl und Urban (2008). Die Strangulationen fanden alle nicht beim Radfahren selbst, sondern beim Tragen des Fahrradhelms bei anderen Tätigkeiten, zum Beispiel dem Spielen auf dem Spielplatz, statt. Die Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (2014) warnt daher vor der Strangulationsgefahr beim Spielen mit einem Fahrradhelm. Die dürftige Befundlage lässt keine gesicherten Aussagen über Auswirkungen einer höheren Helmtragequote zu. Da sich die Befunde möglicher Gefahren nur auf Kinder beziehen, bei denen heute schon sehr hohe Helmtragequoten beobachtet werden können, kann vermutet werden, dass eine mögliche zusätzliche Erhöhung, verursacht durch eine Helmpflicht, von nur geringer Bedeutung ist.

## 2.4 Risikokompensation

Das Tragen eines Fahrradhelms verändert die Verkehrssicherheit außer durch die Schutzwirkung des Helms potentiell durch folgende weitere Effekte:

1. Durch das Helmtragen wird das Verhalten des Fahrradfahrers verändert.
2. Durch das Helmtragen wird das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer verändert.

Die (teilweise) Kompensation der durch eine Sicherheitsmaßnahme (hier der Fahrradhelm) gewonnenen Sicherheit durch ein riskanteres Fahrverhalten wird in der Literatur als *Risikokompensation* bezeichnet (Wilde G. , 1994).

### 2.4.1 Risikokompensation durch Radfahrende

Von Gegnern des Helmtragens wird häufig postuliert, dass Helmträger unvorsichtiger fahren, weil sie sich der Schutzwirkung des Helms bewusst sind (z. B. Phillips, Fyhri, & Sagberg, 2011; Messiah, Constant, Contrand, Felonneau, & Lagarde, 2012). Umgekehrt kann man argumentieren, dass das Tragen eines Helms das Sicherheitsbewusstsein steigert und den Träger zu sicherem Fahren führt.

Messiah et al. (2012) zeichneten die Geschwindigkeit von 587 französischen Radfahrern bei insgesamt 2621 Fahrten auf und konnten eine signifikant erhöhte Geschwindigkeit bei männlichen Radfahrern mit Helm im Vergleich zu solchen ohne Helm feststellen. Die Unterschiede ergaben sich allerdings allein aus Beobachtungsstationen, bei denen die Durchschnittsgeschwindigkeit aller Radfahrer gering war. Weiterhin waren die Stichprobengrößen sehr unterschiedlich: Von den 251 männlichen Probanden trugen lediglich etwa 13 einen Helm. Zudem ist die Frage der Kausalität ungeklärt. Aus den Zahlen kann nicht ermittelt werden, ob Rennradfahrer eine höhere Helmtragequote haben weil sie sich einer höheren Gefährdung durch höhere Geschwindigkeiten bewusst sind oder dies aus Radsportveranstaltungen gewohnt sind, oder das Helmtragen für die höhere Geschwindigkeit ursächlich ist.

Phillips et al. (2011) ließen 35 Personen einmal mit und einmal ohne Helm eine Strecke von nur 400 m mit dem Fahrrad bergab fahren. Dabei wurde die Geschwindigkeit gemessen sowie die subjektiv empfundene Sicherheit durch Befragung ermittelt. Probanden, die normalerweise einen Helm tragen, fuhren ohne Helm langsamer und fühlten sich unsicherer als mit Helm. Personen, die sonst keinen Helm tragen, zeigten keinen Unterschied zwischen der Fahrt mit und der Fahrt ohne Helm. Die Gewöhnung an einen Fahrradhelm und das ungewohnte Fahren ohne Helm scheint einen gefühlten Sicherheitsverlust zu bewirken, der sich auch in der reduzierten Geschwindigkeit widerspiegelt. Ein Beleg für Risikokompensation in Richtung von höheren gewählten Geschwindigkeiten bei Helmbenutzung kann diese Studie nicht liefern.

Die umfangreiche Studie von Bambach et al. (2013) zeigt Unterschiede im von der Polizei ermittelten Verhalten von verunfallten Helmträgern und Nichthelmträgern. Danach waren die nicht behelmten Radfahrer signifikant häufiger schwer verletzt, ohne dass eine Kopfverletzung ursächlich gewesen wäre (9,5 % zu 7,3 %). Dies deutet eher auf eine höhere Unfallwahrscheinlichkeit der Nichthelmträger hin, also das Gegenteil dessen, was aus einer Risikokompensationstheorie folgen würde.

Fyhri, Bjørnskau und Backer-Grøndahl (2012) führten zur Erforschung von Risikokompensation mit 1504 norwegischen Fahrradbesitzern eine Umfrage durch, in welcher sie u. a. die Helmnutzung, bisherige Unfälle und die Fahrgeschwindigkeit erfragten. Es konnte jeweils ein signifikanter Zusammenhang zwischen Unfallbeteiligung und einer schnellen Fahrweise sowie zwischen Fahrradausrüstung – zu welcher auch der Helm zählt – und schnellem Radfahren aufgedeckt werden. Jedoch war der direkte Zusammenhang zwischen Fahrradhelm und Unfallbeteiligung nicht signifikant. Zudem zeigten die Untersuchungsergebnisse, dass schnelles Radfahren stärker mit der Nutzung nicht sicherheitsbezogener Ausrüstung (z.B. Fahrradschuhe) als mit Sicherheitsausrüstung (F Fahrradhelm) korreliert. Daraus schlussfolgern Fyhri et al. (2012), dass schnelles Radfahren eher das Resultat aus dem Bedürfnis nach Schnelligkeit ist und kein Beleg für den Effekt der Risikokompensation.

In einer erst kürzlich erschienenen Untersuchung testeten Gamble und Walker (2016) in einem Laborexperiment mit 80 Probanden (40 je Bedingung) die Risikobereitschaft und das Sensation Seeking beim Tragen eines Fahrradhelms im Vergleich zum Tragen eines Base-Caps. Helmtragen war mit signifikant höherer Risikobereitschaft und größerem Sensation Seeking assoziiert als Base-Cap-Tragen, obwohl der Helm nicht als Sicherheitsausrüstung, sondern als Halterung für das Eye-Tracking-System vorgestellt wurde. Ob diese Veränderungen auch tatsächlich das Verhalten beim Radfahren beeinflussen, kann im Rahmen dieses Untersuchungsaufbaus nicht belegt, sondern nur im Rahmen eines Feldexperiments aufgedeckt werden.

Insgesamt gibt es keine eindeutigen wissenschaftlichen Belege einer Risikokompensation durch Radfahrende. Die Untersuchungen haben häufig methodische Schwächen. Nur wenige Studien ermöglichen kausale Aussagen und erfassen konkretes Verhalten. Es gibt keinen tragfähigen Hinweis für Risikokompensation in die erwartete Richtung.

## 2.4.2 Risikokompensation durch Kraftfahrer bei Interaktion mit Radfahrenden

Walker (2007) ermittelt mit Hilfe eigener durchgeführter Testfahrten eine größere Nähe von Kraftfahrzeugen beim Überholen von behelmt gegenüber nichtbehelmtten Fahrradfahrern. Er postuliert daraus, ein erhöhte Risikobereitschaft der Autofahrer gegenüber Helmträgern. Wie Olivier und Walter (2013) bei einer Reanalyse der Daten von Walter feststellen, sind die von Walter ermittelten Unterschiede in den Entfernungen zwischen Fahrzeug und Fahrradfahrer nur in dem für die Verkehrssicherheit kaum relevanten Bereich größer 2 Meter signifikant und haben mit 7 cm nur eine geringe Effektstärke. In dem sicherheitsrelevanten Bereich unter 1 Meter Abstand, der teilweise sogar gesetzlich vorgeschrieben ist (Love, Breaud, Burns, Margulies, Romano, & Lawrence, 2012), ist kein signifikanter Einfluss des Helmtragens auf das Abstandsverhalten nachweisbar. Olivier und Walter schließen daraus, dass *“with regards to bicycle safety, helmet wearing does not appear to influence unsafe driving behavior”*.

## 2.5 Verzerrungen durch selektives Helmtrageverhalten

Es besteht die Möglichkeit, dass aufgrund von Selektionsmechanismen statistisch gesehen für alle mit Helm in Deutschland gefahrenen Kilometer die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls größer ist als für die Kilometer, welche ohne Helm gefahren werden. Dann nämlich, wenn der Helm bei speziellen Fahrten aufgesetzt werden würde, für die ein höheres Unfallrisiko gilt. Wenn es also bestimmte Umgebungen oder Fahrtziele gibt, die eine höhere, auf die Fahrtstrecke bezogene Unfallwahrscheinlichkeit induzieren, dies eine Gruppe von Fahrradfahrern auch weiß und deshalb auf diesen Strecken (aber auch nur dann) einen Helm aufsetzt. Statistisch ergäbe dies eine höhere auf die Fahrleistung bezogene Unfallwahrscheinlichkeit bei Helmnutzung.

In der Regel sind auf Fahrtziele bezogene Unfallwahrscheinlichkeiten im Radverkehr wegen fehlender Daten wissenschaftlich nur schwer zu berechnen. Es ist kaum zu erwarten, dass der normale Fahrradfahrer diese richtig einschätzen kann. Auch subjektiv hängt die Wahl der Helmnutzung weniger von der streckenbezogenen, sondern von der auf die Fahrtlänge bezogenen Unfallwahrscheinlichkeit ab. Fahrradfahrer fahren eher bei längeren Fahrten mit dem Helm, wie z.B. bei Fahrradtouren oder beim Sport (siehe Abbildung 63, Abbildung 64, S. 114).

Ein weiterer Grund für einen Selektionsmechanismen könnte darin liegen, dass Fahrradfahrer, die eher schnell fahren, einen Helm aufsetzen. In der Tat wird für den Fahrtzweck „sportliche Aktivität“ überproportional häufig ein Helm aufgesetzt (Abbildung 64, S. 114). Allerdings sind die kumulierten Fahrleistungen für den reinen Sport im Vergleich zu der Fahrleistung aller Radfahrer nur gering (siehe Tabelle 35, S. 123). Die eigene Befragungsstudie ergab zudem, dass die selbstberichtete Helmtragequote nicht von der gefahrenen Geschwindigkeit abhängt (Abbildung 66, S. 116).

Wir gehen deshalb im Folgenden von Gleichwahrscheinlichkeit eines Unfalls bei Helm- und Helmnichttragen aus.

### 3 Methoden zur Erhöhung der Helmtragequote

In dem Kapitel soll untersucht werden, mit welchen Methoden die Helmtragequote erhöht werden kann. Ein Mittel dafür ist die Einführung einer Helmpflicht. Um deren Wirkung abschätzen zu können, werden die Befunde aus Staaten analysiert, in denen eine Helmpflicht eingeführt wurde. Im Anschluss werden alternative Maßnahmen zu Erhöhung der Helmtragequote diskutiert. Übersicht über Länder mit gesetzlicher Helmpflicht

Tabelle 29 gibt eine Übersicht über die Helmpflicht weltweit. In 13 Staaten gilt diese für alle Altersgruppen, in 15 Staaten nur für Jugendliche oder Kinder unter 12-18 Jahren. In Abbildung 15 sind die Staaten mit Helmpflicht auf einer Weltkarte dargestellt.

*Tabelle 29: Übersicht über Länder mit gesetzlicher Helmpflicht.*

| <b>Land</b>                  | <b>Einführung</b>                          | <b>Zielgruppe</b> | <b>Ausnahme</b>                                             |
|------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------|
| Australien                   |                                            | alle              |                                                             |
| Australian Capital Territory | Juli 1992                                  |                   |                                                             |
| New South Wales              | Jan. <sup>a</sup> / Juli <sup>b</sup> 1991 |                   |                                                             |
| Northern Territory           | Jan. 1992                                  |                   | > 17 auf Fuß- oder Radwegen abseits der Straße <sup>c</sup> |
| Queensland                   | Juli 1991/ Jan. 1993 <sup>d</sup>          |                   |                                                             |
| South Australia              | Juli 1991                                  |                   |                                                             |
| Tasmanien                    | Jan. 1991                                  |                   |                                                             |
| Victoria                     | Juli 1990                                  |                   |                                                             |
| Western Australia            | Jan. 1992/ Juli 1992 <sup>d</sup>          |                   |                                                             |
| Brasilien                    | 1997                                       | alle              |                                                             |
| Chile                        | 2009                                       | alle              | nur in Städten                                              |
| Estland                      | Juli 2011                                  | < 16              |                                                             |
| Finnland                     | 2003                                       | alle              |                                                             |
| Island                       | 1999                                       | < 15              |                                                             |
| Israel                       | 2011                                       | < 18              |                                                             |
| Japan                        | 2008                                       | < 13              |                                                             |
| Kanada                       |                                            |                   |                                                             |
| Alberta                      | Mai 2002                                   | < 18              |                                                             |
| British Columbia             | Sept. 1996                                 | alle              |                                                             |



| <b>Land</b>               | <b>Einführung</b>               | <b>Zielgruppe</b> | <b>Ausnahme</b>                                                           |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| New Brunswick             | Dez. 1995                       | alle              |                                                                           |
| Nova Scotia               | Juli 1997                       | alle              |                                                                           |
| Ontario                   | Okt. 1995                       | < 18              |                                                                           |
| Prince Edward Is-<br>land | Juli 2003                       | alle              |                                                                           |
| Kroatien                  | 2008                            | < 16              |                                                                           |
| Lettland                  | 2014                            | < 12              |                                                                           |
| Litauen                   | 2008                            | < 18              |                                                                           |
| Malta                     | 2004                            | alle              |                                                                           |
| Neuseeland                | 1994                            | alle              |                                                                           |
| Österreich                | 2011                            | < 12              |                                                                           |
| Schweden                  | 2005                            | < 15              |                                                                           |
| Slowakei                  | Feb. 2009                       | alle              | > 14 nicht innerorts                                                      |
| Slowenien                 | 2000                            | < 15              |                                                                           |
| Spanien                   | 2004                            | alle              | lange Steigungen, hohe Tem-<br>peraturen; > 17 nur außerorts <sup>e</sup> |
| Südafrika                 | 2004                            | alle              |                                                                           |
| Südkorea                  | 2006                            | < 13              |                                                                           |
| Tschechien                | 2006                            | < 18              |                                                                           |
| USA, 38 Bundesstaaten     | variiert, meistens<br>1993-2001 | meist < 16        |                                                                           |

<sup>a</sup> Erwachsene (16+)

<sup>b</sup> Kinder (< 16)

<sup>c</sup> seit 1994

<sup>d</sup> Vollstreckung des Gesetzes

<sup>e</sup> bis 2014 alle nur außerorts

*Quellen:* BHRF (o. J., a); BHSI (2015); DVR (2015)

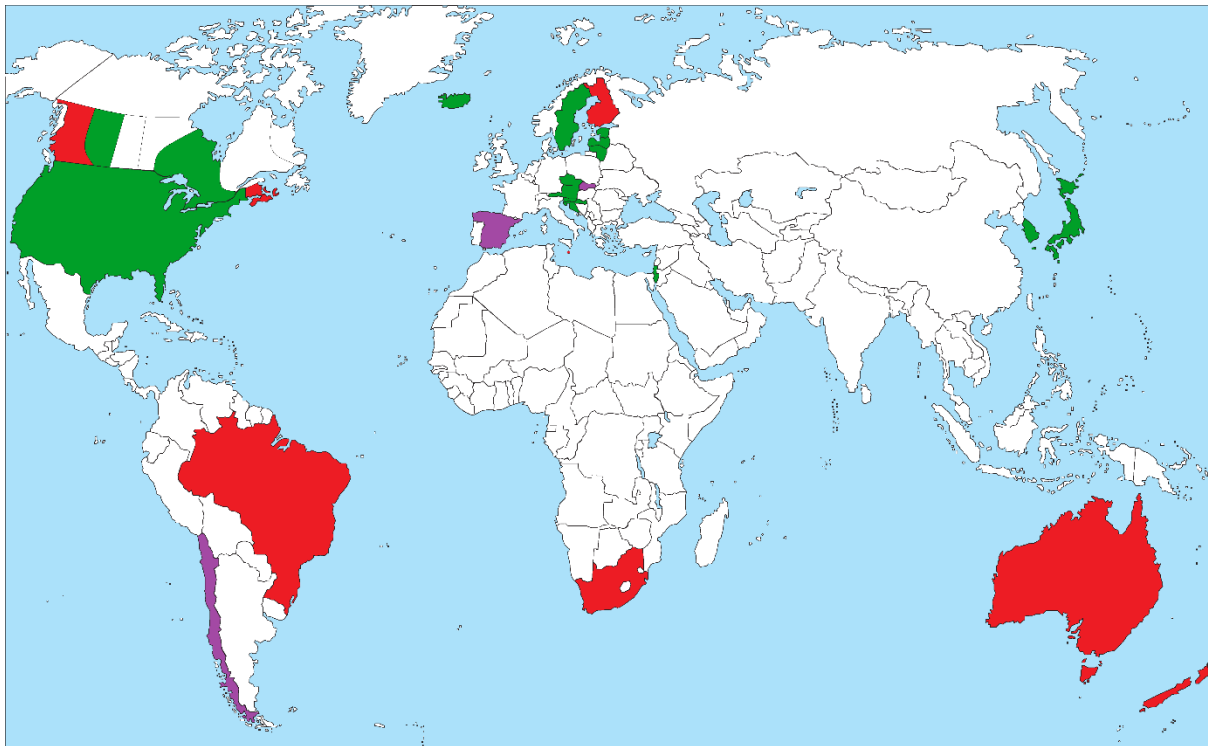


Abbildung 15: Grafische Übersicht der Länder mit gesetzlicher Helmpflicht. Rot: Helmpflicht gilt für alle Radfahrer, grün: Helmpflicht gilt nur für Kinder und oder Jugendliche (Altersgrenzen variieren), lila: Helmpflicht mit Ausnahmen und/oder unterschiedlichen Geltungsbereichen für Kinder und Erwachsene.

### 3.1 Veränderung der Helmtragequote mit einer Helmpflicht

Eine Helmpflicht ist nur dann erforderlich, wenn sie alleine oder im Zusammenwirken mit anderen Instrumenten die Helmtragequote deutlich stärker steigert als alternative Ansätze zur Beeinflussung des Helmtrageverhaltens. Es ist deshalb für die Beurteilung einer Helmpflicht essentiell, mögliche Veränderungen der Helmtragequote voraussagen zu können. Im Folgenden werden Befunde von Veränderungen des Helmtrageverhaltens nach Einführung einer Helmpflicht in anderen Ländern vorgestellt und diskutiert.

Ziel der Analyse ist es, zu überprüfen, in wie weit die Einführung einer Helmpflicht kausale Ursache für die Erhöhung der Helmtragequote ist. Dazu reicht es nicht Unterschiede vor und nach der Einführung zu diagnostizieren, da diese Unterschiede auch andere Ursachen haben können, z.B. ein schon vorher vorhandener Trend. Um den Einfluss der Helmpflicht auf das Helmtrageverhalten beurteilen und von einem allgemeinen Trend abgrenzen zu können, benötigt die Kausalanalyse Zeitreihendaten, bei denen die Helmtragequote mehrmals vor und nach der Helmpflicht erhoben worden ist. Nützlich sind zudem Informationen über begleitende Maßnahmen, wie zum Beispiel Kampagnen, und Durchsetzungsstrategien. Diese sind jedoch leider nur selten verfügbar.

Es liegen Daten aus den Ländern Neuseeland, Australien, Kanada, USA, Finnland und Schweden vor. Diese werden in Tabelle 32 zusammengefasst und im Folgenden ausführlicher vorgestellt.

#### 3.1.1 Neuseeland

In Neuseeland wurde 1994 die Helmpflicht eingeführt. Die Nichteinhaltung der Pflicht ist mit einer Strafe von 55 \$ (entspricht 2015 ca. 36 €, im Wiederholungsfall bis zu 1000 \$) belegt. Der Einführung der Helmpflicht gingen in den Jahren davor umfangreiche Kampagnen – insbesondere in Schulen voraus. Das führte dazu, dass in den Vorjahren die Helmtragequote kontinuierlich angestiegen war. So lag die Helmtragequote bei den 5-12-jährigen vor Einführung der Helmpflicht schon bei 87 %, bei den 13-18-jährigen bei 56 % und bei den über 18-jährigen immerhin schon bei 39 % (Taylor, Scuffham, 2002). Nach Einführung der Helmpflicht stieg die Helmtragequote bei allen Gruppen über 90 %, bei den 5-12-jährigen lag sie nahe 100 %. Abbildung 16 gibt einen Überblick über die Helmtragequote in Neuseeland vor und nach der Einführung der Helmpflicht. In der Folge ging die Helmquote leicht zurück, blieb aber auf einem hohen Niveau (siehe Abbildung 17).

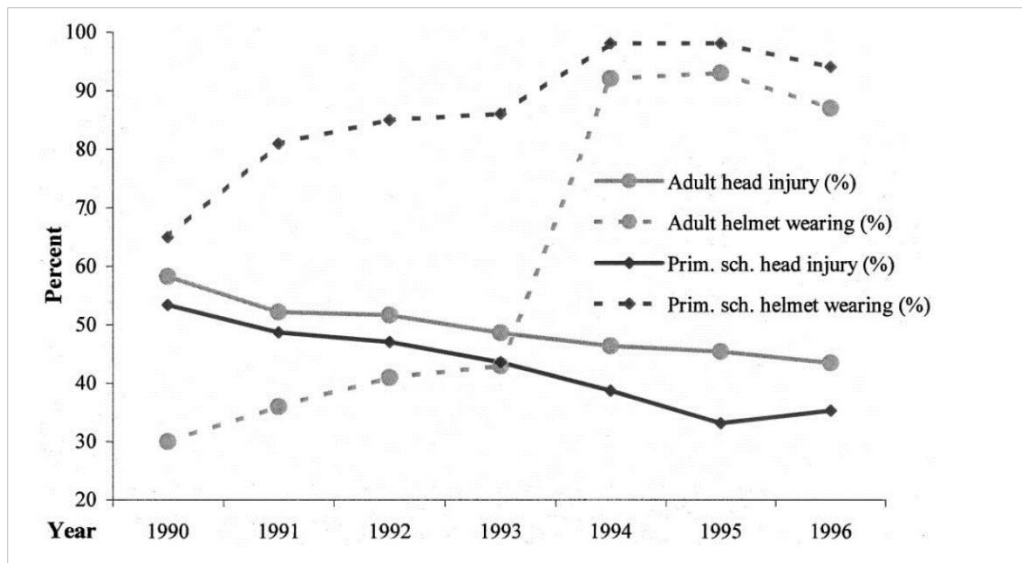


Abbildung 16: Verlauf der Helmtragequote in Neuseeland von 1990-1996 nach (Robinson D. , 2001).

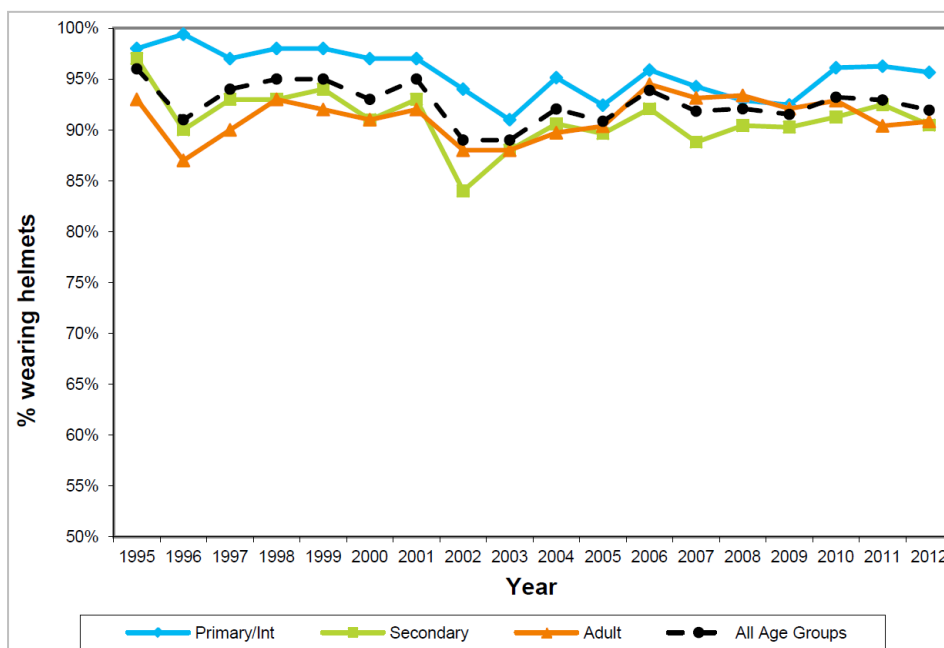


Abbildung 17: Verlauf der Helmtragequote in Neuseeland von 1995-2012 (aus Ministry of Transportation New Zealand, 2012).

### 3.1.2 Australien

In Australien wurde die Helmpflicht für alle Radfahrer je nach Bundesstaat 1990 bis 1992 eingeführt (vgl. Tabelle 29). Es liegen keine Daten für ganz Australien vor, jedoch für die Bundesstaaten New South Wales, Victoria und South Australia.

In **New South Wales** gilt die Helmpflicht für Erwachsene (16+) seit Januar, für Kinder (< 16) seit Juli 1991; ein Ignorieren dieser Pflicht kann mit 100 € bestraft werden. Smith und Milthorpe (1993) sowie Walker (1990 & 1992) observierten von 1990 bis 1993 den Radverkehr, um die Veränderung der Helmtragequote nach Gesetzeseinführung beurteilen zu können. Dabei wurden die Beobachtungen von 1991 bis 1993 jeweils im April<sup>35</sup> an/zu nahezu identischen Orten, Wochentagen, Tageszeitpunkten und Witterungsbedingungen durchgeführt. Die erste Untersuchung (1990) glich den nachfolgenden zwar in der grundlegenden Methodik sowie den Observationsorten und Tageszeitpunkten, wies jedoch auch geringe Unterschiede auf; so fand sie zum Beispiel im September statt.

Es wurden pro Jahr zwischen 10.400 und 13.700 Radfahrer erfasst. Lag die Helmtragequote für Erwachsene 1990 bei ca. 25 %, stieg sie 1991 auf 77 %, 1992 weiter auf 85 % und ging 1993 leicht auf 83 % zurück. Von den unter 16-Jährigen trugen 1991 32 %, 1992 76 % und 1993 74 % einen Helm. Für 1990 werden für diese Altersgruppe keine genauen Werte angegeben, sondern nach 0-10-Jährigen (23 % Tragequote) und 11-15-Jährigen (10 % Tragequote) unterteilt. Die Anstiege in den Helmtragequoten erscheinen zunächst sehr groß. Es muss jedoch bedacht werden, dass bei den Kindern von 1991 auf 1992 ein Rückgang der Radnutzung um 38 % zu beobachten war (siehe Abbildung 83, S. 152).

Es ist hypothetisch möglich, dass dieser Rückgang allein durch Radfahrer, die keinen Helm tragen wollten, zu erklären ist. Walker (1992) betrachtete diesen Extremfall und errechnete für ihn eine Quote für 1992 von 47 %. Er schließt daraus, dass der tatsächliche Anstieg der Helmtragequote für Kinder von 1991 auf 1992 zwischen 15 % und 44 % liegen muss. Weiterhin muss einschränkend gesagt werden, dass die Helmtragequote vor Gesetzeseinführung nur einmal (Erwachsene) bzw. zweimal (Kinder) erhoben wurde. Daher wurde ein möglicherweise bereits vorhandener Trend nicht erfasst. Schaut man sich die Zahlen im Nachbarland Neuseeland an, dann kann erwartet werden, dass auch in Australien schon vorher ein Anstieg zu verzeichnen war, zumal der Einführung der Helmpflicht eine intensive öffentliche Debatte vorausging. Insgesamt kann man feststellen, dass die Helmpflicht – wie in Neuseeland – eine bedeutende Erhöhung der Tragequote zur Folge hatte.

In Victoria wurde die Helmtragepflicht im Jahr 1990 eingeführt. Radfahren ohne Helm kann in Victoria für Erwachsene zu einer Geldstrafe von 100 € führen. Ein Vergehen von Kindern hat dagegen lediglich eine Mitteilung an die Eltern zur Folge (BHRF, o. J., b).

Zur Entwicklung der Helmtragequote liegen mehrere Erhebungen vor; diese werteten Finch, Newstead, Cameran und Vulcan (1993) aus. In der VIC ROADS' survey wurden mehrere Jahre hintereinander Berufspendler und Freizeitfahrer in Melbourne und in ländlichen Regionen observiert: pro Zielgruppe zwischen 500 und 11 600 Radfahrer. Die Ergebnisse zeigt Abbildung 18. Es ist ein hoher Anstieg der Helmtragequote im Jahr nach Einführung des Gesetzes zu erkennen. Die Anzahl der Erhebungen vor Gesetzeseinführung lassen ausschließen, dass ein allgemeiner Trend vorlag. Zwar stiegen die Tragequoten in Melbourne schon einige Jahre zuvor leicht an, der Anstieg nach 1990 ist jedoch weitaus größer.

---

<sup>35</sup> Früher Herbst in Australien

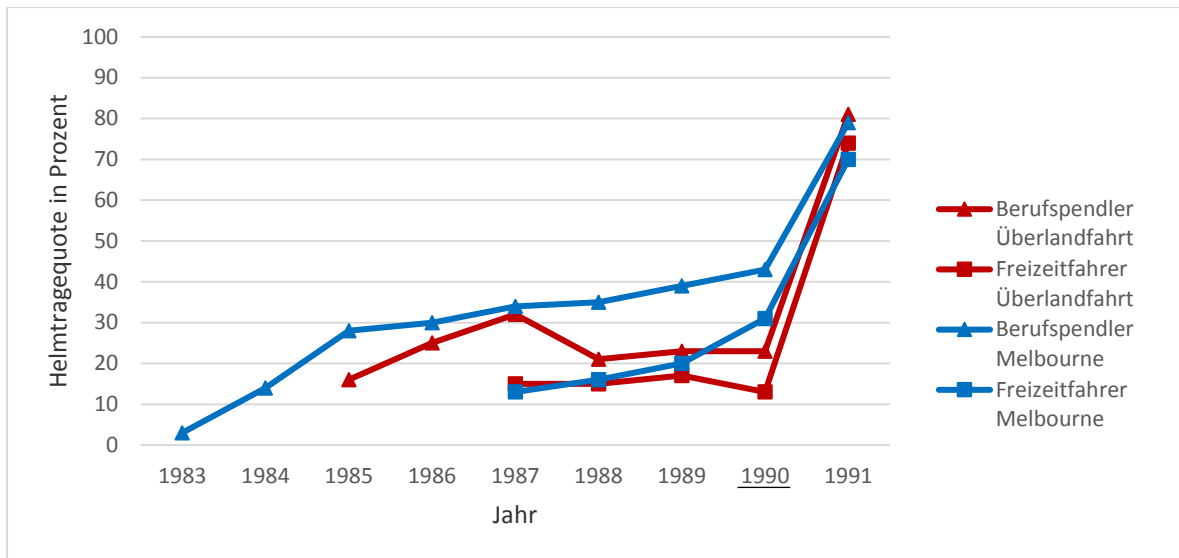


Abbildung 18: Entwicklung der Helmtragequote vor und nach Gesetzeseinführung 1990 (unterstrichen) in Victoria (ländlich). Die Beobachtungen im Jahr 1990 fanden vor Gesetzeseinführung statt (Finch et al., 1993).

Die zweite Erhebungsreihe fand im Rahmen des MUARC survey statt. Radfahrer in Melbourne wurden von November 1987 bis Januar 1988 sowie jeweils im Mai der Jahre 1990, 1991 und 1992 beobachtet. Zu Beginn lag die Helmtragequote bei 16 %, verdoppelte sich dann und stieg nach Gesetzeseinführung weiter auf 65 % und 76 %. Um eine Schätzung für den gesamten Bundesstaat Victoria zu erhalten, aggregierten Finch et al. (1993) die Daten der beiden Untersuchungen und kamen zu dem Ergebnis, dass in Abbildung 19 veranschaulicht wird. Seit Beginn der Untersuchungen steigt die Helmtragequote an, von 5 % in 1983 auf 31 % in 1990, als das Gesetz eingeführt wurde. Im Jahr darauf liegt sie bei geschätzten 75 %.

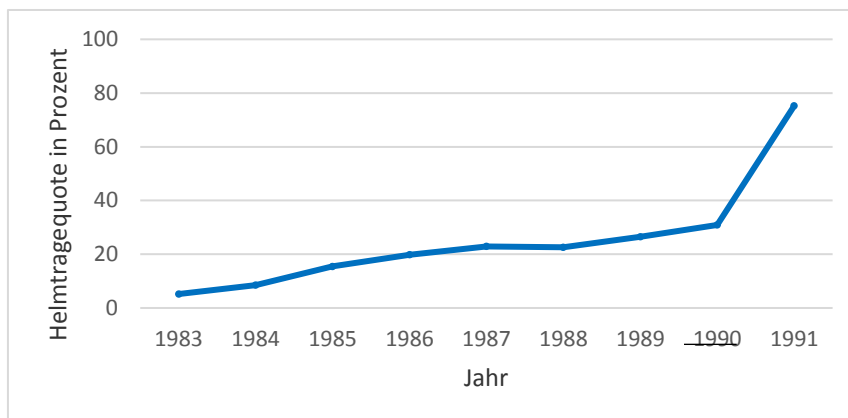


Abbildung 19: Entwicklung der Helmtragequote in Victoria. Einführung des Gesetzes im Jahr 1990 (unterstrichen). Schätzung nach Aggregation der Daten mehrerer Untersuchungen (Finch et al., 1993).

In **South Australia** besteht seit dem 1. Juli 1991 Helmpflicht. Im Abschnitt 4.3.2 (S. 151) wird beschrieben, wie Marshall und White (1994) Daten verschiedener Studien auswerteten. Haushaltsbefragungen von über 3000 Personen im Jahr 1990 und 1993 weisen einen signifikanten Anstieg der Helmtragequote für Erwachsene ( $\geq 15$  Jahre) von 15,1 % im Jahr 1990 auf 90,9 % in Jahr 1993 aus. Bei den Männern fand der größte Anstieg in der Altersgruppe 65+ statt (von 9,5 % auf 100 %). Auch bei den Kindern ( $< 15$  Jahre) war die Erhöhung der Helmtragequote von 41,6 % auf 85,5 % signifi-

kant. Hier gibt es zudem einen Geschlechtsunterschied: So tragen im Jahr 1993 signifikant mehr Jungs als Mädchen einen Helm (89,7 % und 80,3 %).

In Adelaide wurden zudem von 1987 bis 1993 werktags Beobachtungen von Radfahrern durchgeführt, die in die Stadt einfahren. Diese waren hauptsächlich Berufspendler. Jährlich wurden zwischen 1500 und 2300 Personen observiert. Abbildung 20 gibt die beobachteten Helmtragequoten der verschiedenen Jahre wieder. Von 1990 bis 1991 stieg die Tragequote von 39 % auf 97 % an. Die beobachtete Tragequote ist somit sowohl vor als auch nach Einführung der Helmpflicht höher als die selbstberichtete im Rahmen der Haushaltsbefragungen. Der Grund hierfür liegt u.U. in der Verschiedenheit der Stichproben.

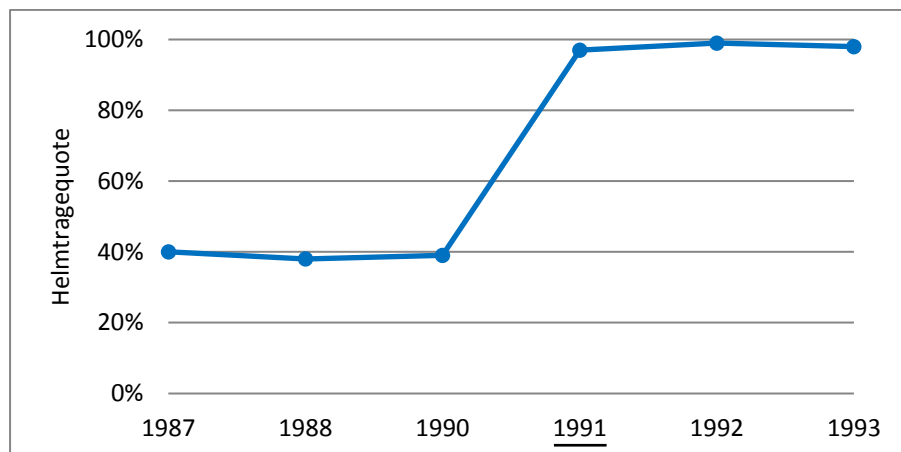


Abbildung 20: Helmtragequote für Adelaide, South Australia, vor und nach Einführung der Helmpflicht im Juli 1991, ermittelt durch Beobachtungen. Jene im Jahr 1991 fanden im September und somit nach Gesetzeseinführung statt (Marshall & White, 1994).

Zuletzt wurden Schulkinder vor 85 Schulen in ganz South Australia beobachtet. Bei der Erhebung vor Einführung der Pflicht im Jahr 1988 lag die Tragequote für Grundschüler bei 19,5 % und für Kinder weiterführender Schulen bei 1,9 %. Nach Einführung des Gesetzes stieg die Tragequote stark an. So lag sie 1994 bei 94,3 % bzw. 87 %.

### 3.1.3 Kanada

In Kanada ist die Helmpflicht bundesweit nicht einheitlich geregelt, sondern variiert je nach Provinz (vgl. Tabelle 30, S. 67). Es liegen Helmtragequoten für Nova Scotia und British Columbia (Helmpflicht für alle Radfahrer) sowie für Alberta und Ontario (Helmpflicht für Personen unter 18 Jahren) vor. Alle Quoten wurden aus Beobachtungen des Radverkehrs gewonnen. Tabelle 30 fasst die Studien zusammen.

In **Nova Scotia** wurde eine Helmpflicht im Juli 1997 eingeführt. Das Fahren ohne Helm wurde zu diesem Zeitpunkt mit 17 Euro sanktioniert, wobei Eltern für ihre Kinder haften. Zudem konnte bei einem Vergehen das Fahrrad für 30 Tage beschlagnahmt werden (BHRF, o. J., c).

Zur Beurteilung der Entwicklung der Helmtragequote in Nova Scotia wurden Radfahrer der Hauptstadt Halifax beobachtet – jeweils in zwei Jahren vor (1995 und 1996, zusammengefasst), direkt nach Einführung des Gesetzes im Juli 1997 sowie in zwei Jahren nach (1998 und 1999, zusammengefasst) ( $N_1 = 1494$ ,  $N_2 = 672$ ,  $N_3 = 636$ ) (LeBlanc, Beattie, & Culligan, 2002). Es zeigte sich ein starker Anstieg der Helmtragequote über alle Altersgruppen (Kinder, Jugendliche, Erwachsene) hinweg, wobei die Quote bei Kindern im Jahr der Einführung mit 95 % am höchsten war (siehe Abbildung 21). Es sei darauf hingewiesen, dass vor Gesetzeseinführung wesentlich mehr Personen erfasst wurden als in den darauffolgenden drei Jahren.

In **British Columbia** wurde eine Helmpflicht im Jahr 1996 eingeführt. Dort wird ein Verstoß gegen das Gesetz mit 18 Euro geahndet. Eltern haften für Kinder unter 16 Jahren, sofern ihnen das Missachten des Gesetzes durch ihre Kinder persönlich bewusst war (BHRF, o. J., d). Hier führten Foss und Beirness (2000) Erhebungen in 17 verschiedenen Gemeinden durch. In den Untersuchungsgemeinden wurden jeweils mehrere Standorte observiert, um Berufspendler, Freizeitfahrer und Kinder erfassen zu können. Die Erhebungen wurden ein Jahr vor und über zwei Jahre nach Einführung der Helmpflicht (1996) durchgeführt.

Die Helmtragequote stieg in allen untersuchten Alters- und Zielgruppen deutlich an (siehe Abbildung 22). Foss und Beirness (2000) merken an, dass aufgrund ihres Versuchsdesigns nicht sichergestellt werden kann, wie stark der Anstieg durch das Gesetz hervorgerufen wurde und inwiefern er auf einen allgemeinen Trend zurückzuführen ist. Eine öffentliche Aufklärungskampagne, Werbeaktionen für das Helmtragen und eine Rabattaktion für den Helmkauf fanden bereits 1995, also vor Einführung des Gesetzes, statt und können die hohen Ausgangsquoten erklären. Bildungsprogramme an Schulen können das Helmtragen bei Kindern besonders gefördert haben. Nach Einschätzung der Autoren haben Kommunikationsmaßnahmen ohne Sanktionen lediglich einen anfänglichen Effekt und können den Anstieg in dieser Geschwindigkeit nicht hinreichend erklären. Deshalb sehen sie das Gesetz zur Einführung einer Helmpflicht als einzig plausible Erklärung für den beobachteten Anstieg an. Da die Helmtragequote erst einige Jahre nach Gesetzeseinführung untersucht wurde, gehen Foss und Beirness (2000) davon aus, eher ein langfristiges und dauerhaftes Ergebnis des Gesetzes und nicht temporäre Effekte dokumentiert zu haben.



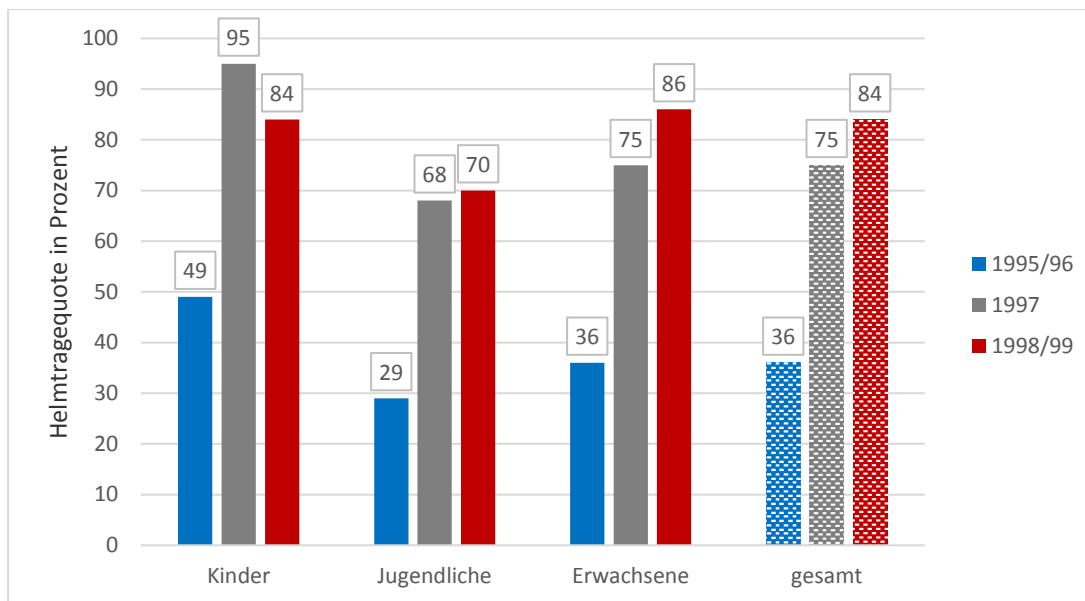


Abbildung 21: Entwicklung der Helmtragequote in Halifax, Kanada. Einführung des Gesetzes im Jahr 1997. Die Erhebung im selben Jahr fand nach der Einführung statt (LeBlanc et al., 2002).

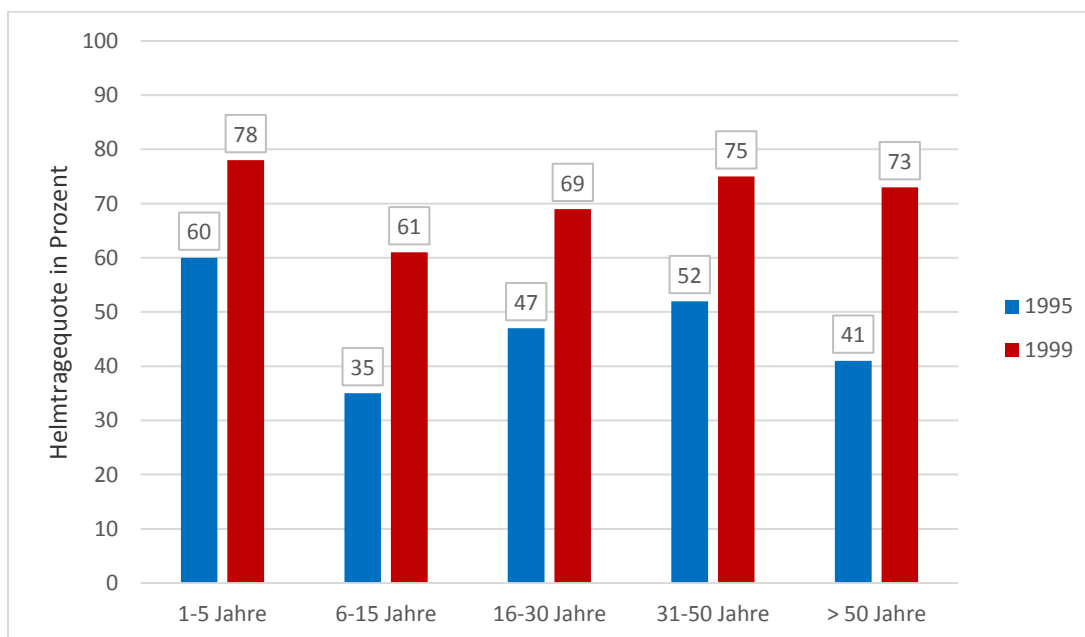


Abbildung 22: Entwicklung der Helmtragequote in British Columbia, Kanada. Einführung des Gesetzes im Jahr 1996 (Foss&Beirness, 2000).

In **Alberta** sind seit 2002 alle Personen unter 18 Jahren dazu verpflichtet, einen Helm zu tragen. Bei Verstoß muss eine Strafe von 50 Euro gezahlt werden (Calgary Police Service, 2014).

Karkhaneh (2011) führte im Rahmen seiner Dissertation eine Untersuchung zum Einfluss der Helmpflicht mit einer sehr großen Stichprobe ( $N_1 = 4002$ ,  $N_2 = 5365$ ) durch. Die Tragequoten für Kinder, Jugendliche und Erwachsene lagen vor der Einführung bei 75 %, 30 % und 52 %. Nach Einführung der Pflicht betrugen diese 92 %, 63 % und 55 %. Die Anstiege nach Einführung der Helmpflicht waren allerdings nur bei der Zielgruppe (hier Kinder und Jugendliche) signifikant.

Eine weitere Untersuchung in Alberta mit weitaus weniger Probanden ( $N = 164$ ) führten Hagel et al. (2006) durch. Sie untersuchten die Reaktion auf das Gesetz nicht nur bei den betroffenen Jugendlichen, sondern auch bei erwachsenen Radfahrern. Bei unter 18-Jährigen stieg die Tragequote danach signifikant an: Lag sie im Jahr 2000 ( $N = 164$ ) noch bei 28 %, nahm sie zwei Jahre nach Einführung der Tragepflicht auf 83 % zu. Die ermittelte Helmtragequote vor Einführung der Helmpflicht ist wesentlich geringer, als die von Karkhaneh (2011) ermittelte. U. U. liegt dies womöglich an der geringen Stichprobengröße, die im Jahr 2004 nur 41 Beobachtungen umfasste. Bei Erwachsenen konnte keine signifikante Veränderung festgestellt werden (Abfall von 49 % auf 48 %).

In **Ontario** gilt die Helmpflicht für unter 18-Jährige seit Oktober 1995. Eltern können zwar mit ca. 70 € für ihre Kinder haften. Das Vergehen wird jedoch nur selten geahndet.

Im Stadtteil East York von Toronto wurden von 1990 bis 2001 Beobachtungsreihen an Kindern von 5 bis 14 Jahren durchgeführt. Parkin, Khambalia, Kmet und Macarthur (2003) berichten die Ergebnisse der ersten 8 Jahre (1990 bis 1997), in dem die Stichprobengrößen zwischen 900 und 1900 schwankten. Macpherson et al. (2006) beschreibt die Ergebnisse der letzten zwei Erhebungen in den Jahren 1999 und 2001, in denen erneut zusammen ca. 1700 Radfahrer beobachtet wurden. Abbildung 23 zeigt die ermittelten Helmtragequoten. Nach einem Anstieg der Tragequote von 1990 bis 1993 stagnierte diese die folgenden drei Jahre. Erst 1996, also im Jahr nach der Einführung des Gesetzes, nimmt sie erneut deutlich zu: von 46 % auf 68 %. Dieser signifikante Anstieg macht einen kurzzeitigen Effekt des Gesetzes sichtbar. Bei Erhebung der Helmtragequote einmal vier und einmal sechs Jahre nach Gesetzeseinführung ist geht die Tragequote wieder auf das Niveau vor dem Gesetz in den Jahren 1993 bis 1995 zurück.

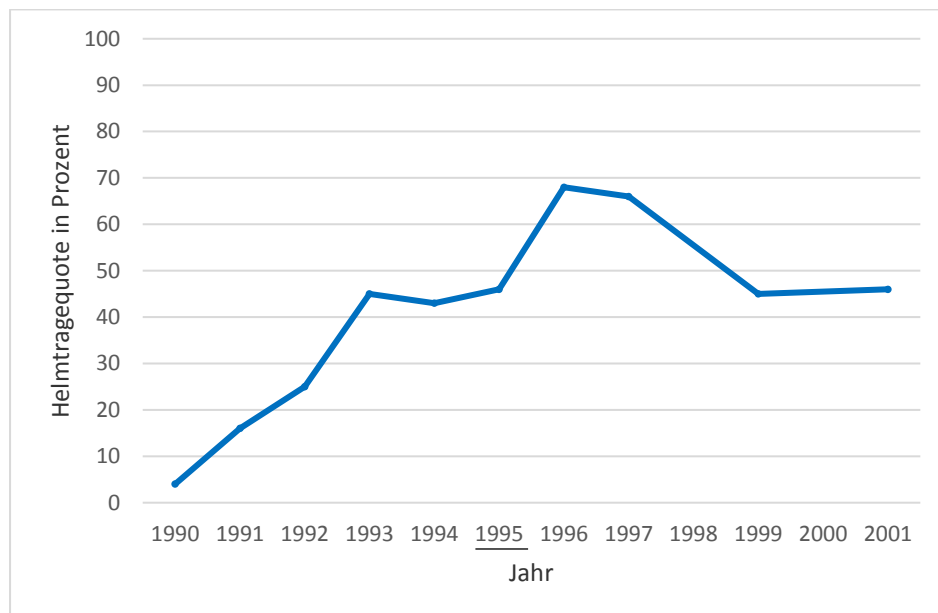


Abbildung 23: Entwicklung der Helmtragequote in im Stadtteil East York von Toronto, Ontario vor und nach Einführung der Helmpflicht für Personen unter 18 Jahren im Jahre 1995 (unterstrichen). Die Daten im selben Jahr wurden vor Gesetzeseinführung erhoben (Parkin et al., 2003; Macpherson et al., 2006).

Tabelle 30: Übersicht der Studien zur Evaluation des Einflusses einer Helmpflicht auf die Entwicklung der Helmtragequote in Kanada.

| <b>Gebiet</b>       | <b>Gesetzes-<br/>Einführung,<br/>Zielgruppe</b> | <b>Strafe</b>                                    | <b>Datenbasis</b> | <b>Stichprobe</b>   | <b>N</b>             | <b>Helmtragequote<br/>vor Gesetz</b> | <b>Helmtragequote<br/>nach Gesetz</b> | <b>Veränderung<br/>Tragequote</b> | <b>Autor, Jahr</b>        |
|---------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Nova Scotia         | Juli 1997, alle<br>Radfahrer                    | 17 €, Ein-<br>zug des<br>Fahrrads<br>für 30 Tage | Beobachtungen     | alle Radfah-<br>rer | 1995 & 1996:<br>1494 | Kinder:<br>1995/96: 49 %             | Kinder:<br>1997: 95 %                 | + 35-46 %                         | Le Blanc et al.<br>(2002) |
|                     |                                                 |                                                  |                   |                     | 1997: 672            |                                      | 1998/99: 84 %                         | + 39-41 %                         |                           |
|                     |                                                 |                                                  |                   |                     | 1998 & 1999:<br>636  | Jugendliche:<br>1995/96: 29 %        | Jugendliche:<br>1997: 68 %            | + 39-50 %                         |                           |
|                     |                                                 |                                                  |                   |                     |                      | Erwachsene:<br>1995/96: 36 %         | Erwachsene:<br>1997: 75 %             | + 39-48 %                         |                           |
|                     |                                                 |                                                  |                   |                     |                      |                                      | 1998/99: 86 %                         |                                   |                           |
|                     |                                                 |                                                  |                   |                     |                      | gesamt:<br>1995/96: 36 %             | gesamt:<br>1997: 75 %                 |                                   |                           |
|                     |                                                 |                                                  |                   |                     |                      |                                      | 1998/99: 84 %                         |                                   |                           |
| British<br>Columbia | Sept. 1996, alle<br>Radfahrer                   | 18 €                                             | Beobachtungen     | alle Radfah-<br>rer | 1995: 3950           | 1-5 J.: 60 %                         | 1-5 J.: 78 %                          | + 18 %                            | Foss&Beirness<br>(2000)   |
|                     |                                                 |                                                  |                   |                     | 1999: 4246           | 6-15 J.: 35 %                        | 6-15 J.: 61 %                         | + 26 %                            |                           |
|                     |                                                 |                                                  |                   |                     |                      | 16-30 J.: 47 %                       | 16-30 J.: 69 %                        | + 22 %                            |                           |

| <i><b>Gebiet</b></i> | <i><b>Gesetzes-<br/>Einführung,<br/>Zielgruppe</b></i> | <i><b>Strafe</b></i>   | <i><b>Datenbasis</b></i> | <i><b>Stichprobe</b></i> | <i><b>N</b></i>                      | <i><b>Helmtragequote<br/>vor Gesetz</b></i>                                     | <i><b>Helmtragequote<br/>nach Gesetz</b></i>          | <i><b>Veränderung<br/>Tragequote</b></i> | <i><b>Autor, Jahr</b></i>                           |
|----------------------|--------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                      |                                                        |                        |                          |                          |                                      | 31-50 J.: 52 %                                                                  | 31-50 J.: 75 %                                        | + 23 %                                   |                                                     |
|                      |                                                        |                        |                          |                          |                                      | >50 J.: 41 %                                                                    | >50 J.: 73 %                                          | + 32 %                                   |                                                     |
| Alberta              | Mai 2002, < 18                                         | 50 €                   | Beobachtungen            | < 18 Jahre               | 2000: 164<br>2004: 41                | 28 %                                                                            | 83 %                                                  | + 55 %                                   | Hagel et al. (2006)                                 |
|                      |                                                        |                        |                          | 18+                      | 2000: 474<br>2004: 230               | 49 %                                                                            | 48 %                                                  | -1 %                                     |                                                     |
| Alberta              | Mai 2002, < 18                                         | 50 €                   | Beobachtungen            | alle Radfahrer           | 2000: 4002<br>2006: 5365             | Kinder: 75 %<br>Jugendliche: 30 %<br>Erwachsene: 52 %                           | Kinder: 92 %<br>Jugendliche: 63 %<br>Erwachsene: 55 % | + 17 %<br>+ 33 %<br>+ 3 %                | Karkhaneh (2011)                                    |
| Ontario              | Okt. 1995,<br>< 18                                     | 70 € für<br>die Eltern | Beobachtungen            | 5-14 Jahre               | zwischen 900<br>und 1900 pro<br>Jahr | 1990: 4 %<br>1991: 16 %<br>1992: 25 %<br>1993: 45 %<br>1994: 43 %<br>1995: 46 % | 1996: 68 %<br>1997: 66 %<br>1999: 45 %<br>2001: 46 %  | + 0-20 %                                 | Parkin et al. (2003)<br>Macpherson et al.<br>(2006) |

### 3.1.4 USA

Da die Verhältnisse in den USA sehr ähnlich zu denen in Kanada sind, wird die Präsentation der Studienergebnisse für die USA etwas kürzer gehalten; Tabelle 31 fasst diese zusammen. In den USA variiert die Strafe für ein Zuwiderhandeln je nach Bundesstaat. Meistens werden jedoch lediglich mündliche oder schriftliche Verwarnungen erteilt oder ein geringer Bußgeld (z. B. 22 € in Kalifornien) verhängt (z. B. BHRF, o. J., e).

Dannenberg, Gielen, Beilenson, Wilson und Joffe (1993) befragten nach Einführung der Helmpflicht für unter 16-Jährige 1990 in **Maryland** 4., 7.- und 9.-Klässler nach ihrem Helmtrageverhalten vor und nach der Helmpflicht. Sie ermittelten einen signifikanten Anstieg von 11 % auf 37 % ( $p < 0,001$ ), wobei die geringe Rücklaufquote von 51 % zu Verzerrungen geführt haben könnte. Die Einführung des Gesetzes wurde von Kampagnen in Schulen und Medien begleitet. Dannenberg et al. (1993) führen zusätzlich eine Beobachtungsstudie von Coté et al. (1992) an. Diese fand eine Erhöhung der Helmtragequote von Kindern unter 16 Jahren von 4 % auf 47 %. Obgleich eine Beobachtung in der Regel objektiv ist und Fehlerquellen, die aus Selbstaussagen resultieren, damit nicht existieren, ist die Repräsentativität der erhobenen Stichprobe aufgrund des Umfangs von nur 69 (vor Helmpflicht) und 51 (nach Helmpflicht) anzuzweifeln.

Auch in **Florida** wurden Beobachtungen zur Einschätzung der Wirkung der Helmpflicht (seit 1997 für Personen unter 16 Jahren) durchgeführt. Liller et al. (2003) betrachteten diese über einen Zeitraum von 7 Jahren bei Kindern unter 14 Jahren. Schon vor Gesetzes Einführung stieg die Tragequote an, im Jahr nach der Einführung fand jedoch im Vergleich zum Vorjahr eine Vervierfachung statt. Der Anstieg von 1993 (4 %) bis 1998 (67 %) war ebenso wie der Rückgang von 1998 zu 1999 (56 %) signifikant ( $p = 0,001$ ). Begleitend zur Einführung der Helmpflicht wurden Bildungsprogramme an Schulen sowie eine Helmabgabe an Kinder der unteren Einkommensschichten durchgeführt.

Delamater und Patino (2003) erhoben Helmtragequoten von Grundschulern (5-11 Jahre) und Mittelschülern (11-15 Jahre) in einem weiteren County von Florida. 1994 bis 1996, das heißt drei Jahre vor der Helmpflicht, lag diese für erstere bei 8 % und für letztere bei etwa 2 %. Nach Einführung des Gesetzes trugen 74 % der beobachteten Grundschüler (Mittel 1997-2001) und 31 % der Mittelschüler (1998-2001) einen Helm. Die Erhöhung der Helmtragequote bei den Grundschulern war signifikant ( $p < 0,0001$ ), über jene der Mittelschüler, welche ab 1998 wieder konstant abnahm, wird keine Signifikanz-Aussage gemacht.

Thomas, Hunter, Feaganes und Foss (2002) identifizierten signifikante Anstiege der Helmtragequoten in beiden untersuchten Stichproben ( $< 19$  Jahre,  $\geq 19$  Jahre), obgleich nur Personen unter 16 Jahren von der Helmpflicht in **North Carolina** betroffen sind. Jene der Erwachsenen waren sogar größer als die der Kinder und Jugendlichen. Sie verglichen jedoch lediglich die Helmtragequoten von einem Jahr vor und zwei Jahre nach Einführung der Helmpflicht, wodurch weder schon zuvor bestandene Anstiege, also ein allgemeiner Trend, auszuschließen, noch ein Langzeiteffekt erkannt werden kann. Zudem stimmt ihre Stichprobenwahl nicht exakt mit der Population, die tatsächlich vom Gesetz betroffen ist, überein. Die gewählte Methodik für die Beobachtungen war für die Untersuchungsjahre identisch. Die geringere Anzahl an beobachteten Radfahrern nach Einführung der Helmpflicht (2002) könnte schlechtere Witterungsbedingungen zur Ursache haben.

Ji, Gilchick und Bender (2006) sowie Castle, Burke, Arbogast und Upperman (2012) untersuchten die Entwicklung der Helmtragequote bei verletzten Radfahrern vor und nach Einführung der Helmpflicht für Kinder unter 18 im Jahr 1994 in **Kalifornien**, erstere im County San Diego. Ji et al. (2006) fanden einen signifikanten Anstieg der Helmtragequote bei der Zielgruppe ( $p < 0,001$ ), nicht jedoch bei älteren Radfahrern. Sie analysierten die Helmtragequoten von 5 aufeinanderfolgenden Jahren – zwei Jahre vor und 3 Jahre nach Einführung des Gesetzes. Um den Langzeiteffekt zu prüfen, betrachteten Castle et al. (2012) zusätzlich 13 Jahre (bis 2009), ausschließlich für Personen unter 18 Jahren. Nach einem anfänglichen Anstieg bis 1997 (1993: 6 %, 1997: 22 %) schwankte die Helmtragequote die weiteren Jahre. Die Erhöhung von 7 % vor dem Gesetz (Mittel 1992 und 1993) auf 12 % nach dem Gesetz (Mittel 1994 bis 2009) war nicht signifikant. Es sei jedoch angemerkt, dass die gewählte Stichprobe keineswegs populationsrepräsentativ ist, da nicht alle, sondern nur verletzte Radfahrer betrachtet wurden. Dies führt zu einer Verwischung von Helmtragequotenanstiegen und Helmschutzeffekten, weshalb eine Aussage über die Veränderung der Helmtragequote nahezu unmöglich ist.

Zuletzt soll erneut die Untersuchung von Carpenter und Stehr (2011) erwähnt werden, die im Abschnitt „Rückgang der Radnutzung nach Einführung einer Helmpflicht“, Kap. 4.4, S. 174, ausführlicher beschrieben wird. Neben der Radnutzungsquote erfragten Carpenter und Stehr die Helmtragequote in allen Bundesstaaten der USA mit Helmpflicht. Die Helmpflicht führte zu einer Erhöhung der Tragequote um 29-34 %.

Tabelle 31: Übersicht der Studien zur Evaluation des Einflusses einer Helmpflicht auf die Entwicklung der Helmtragequote in den USA.

| <b>Gebiet</b>                 | <b>Gesetzes-<br/>Einführung,<br/>Zielgruppe</b> | <b>Strafe</b>   | <b>Datenbasis</b>     | <b>Stichprobe</b>                           | <b>N</b>                                   | <b>Helmtragequote<br/>vor Gesetz</b> | <b>Helmtragequote<br/>nach Gesetz</b>                | <b>Veränderung<br/>Tragequote</b> | <b>Autor, Jahr</b> |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| San Diego County, Kalifornien | Jan. 1994,<br>< 18                              | 25 €            | Krankenhaus-<br>daten | verletzte Radfahrer < 18                    | < 18: 407                                  | 1992: ca. 1 %<br>1993: ca. 7 %       | 1994: ca. 18 %<br>1995: ca. 27 %<br>1996: ca. 17 %   | + 11-20 %<br><br>+ 1-7 %          | Ji, 2006           |
|                               |                                                 |                 |                       | Kontrollgruppe:<br>verletzte Radfahrer ≥ 18 | ≥ 18: 414                                  | 1992: ca. 8 %<br>1993: ca. 31 %      | 1994: ca. 32 %<br>1995: ca. 38 %<br>1996: ca. 38 %   |                                   |                    |
| Kalifornien                   | Jan. 1994,<br>< 18                              | 22 €            | Krankenhaus-<br>daten | verletzte Radfahrer < 18                    | 1684                                       | 1992-1993:<br>7 %                    | 1994-2009<br>12 %                                    | + 5 %                             | Castle, 2012       |
| Howard County, Maryland       | Okt. 1990,<br>< 16                              | keine           | Umfrage*              | 4.-, 7.-, 9.-Klässen                        | Juni 1990:<br>1056<br><br>Mai 1991:<br>929 | 11 %                                 | 37 %                                                 | + 26 %                            | Dannenberg,        |
| Hillsborough County, Florida  | Jan. 1997,<br>< 16                              | ab 1998<br>25 € | Beobachtun-<br>gen    | Radfahrer < 14                              | pro Jahr<br>ca. 400                        | 1993: 4 %<br>1995: 6 %<br>1996: 14 % | 1997: 57 %<br>1998: 67 %<br>1999: 56 %<br>2000: 50 % | + 36-53 %                         | Liller, 2003       |

| <i><b>Gebiet</b></i>            | <i><b>Gesetzes-<br/>Einführung,<br/>Zielgruppe</b></i> | <i><b>Strafe</b></i>                 | <i><b>Datenbasis</b></i>                                                         | <i><b>Stichprobe</b></i> | <i><b>N</b></i>                                                            | <i><b>Helmtragequote<br/>vor Gesetz</b></i>     | <i><b>Helmtragequote<br/>nach Gesetz</b></i> | <i><b>Veränderung<br/>Tragequote</b></i> | <i><b>Autor, Jahr</b></i> |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|
| Broward County,<br>Florida      | Jan. 1997,<br>< 16                                     | ab 1998<br>25 €                      | Beobachtun-<br>gen                                                               | Radfahrer 5-11 Jahre     | 1928                                                                       | 1994-1996: 8 %                                  | 1997-2001: 74 %                              | + 66 %                                   | Delamater, 20             |
|                                 |                                                        |                                      |                                                                                  | Radfahrer 11-15 Jahre    | 759                                                                        | 1994-1996: 2 %                                  | 1998-2001: 31 %                              | + 29 %                                   |                           |
| North Carolina                  | Okt. 2001,<br>< 16                                     | keine be-<br>kannt                   | Beobachtun-<br>gen                                                               | alle Radfahrer           | 1999: 2448                                                                 | < 19: 12 %                                      | < 19: 16 %                                   | + 4 %                                    | Thomas, 2002              |
|                                 |                                                        |                                      |                                                                                  |                          | 2002: 1919                                                                 | ≥ 19: 27 %                                      | ≥ 19: 32 %                                   | + 5 %                                    |                           |
|                                 |                                                        |                                      |                                                                                  |                          |                                                                            | Schätzung gesamt:<br>17,8 ± 2,8 %               | Schätzung gesamt:<br>24,3 ± 4,4 %            |                                          |                           |
| alle Staaten mit<br>Helmpflicht | variiert je nach<br>Bundesstaat                        | variiert je<br>nach Bun-<br>desstaat | Befragungen:<br><br>Eltern per<br>Telefon, Kin-<br>der per paper-<br>pencil-Test | Radfahrer < 16           | Elternreport:<br>115886<br><br>Selbstaus-<br>kunft der<br>Kinder:<br>34014 | Erhöhung der Helmtragequote um 29-34<br>Prozent |                                              | + 29-34 %                                | Carpenter, 20             |

\* Die Umfrage wurde einmalig durchgeführt; die zeitlichen Angaben beziehen sich auf den abgefragten Zeitraum



### 3.1.5 Finnland

In Finnland sind seit 2003 alle Radfahrer dazu angehalten, einen Helm zu tragen. Dies bedeutet, dass sie nicht gesetzlich dazu verpflichtet sind, wie zum Beispiel zum Tragen eines Sicherheitsgurtes beim Autofahren. Vielmehr steht in der finnischen Straßenverkehrsordnung nur geschrieben, dass man ihn für gewöhnlich tragen soll. Daher darf Fahren ohne Helm auch nicht sanktioniert werden. Ebenso darf eine Versicherung im Falle eines Unfalls nicht eine Zahlung verweigern, weil kein Helm getragen wurde (J. Valtonen, persönliche Kommunikation, 13.05.2015).

Abbildung 24 zeigt die Entwicklung der Helmtragequote seit 1990. Jedes Jahr werden zwei Wochen lang Beobachtung durchgeführt, zuletzt (2014) waren es etwa 32.000 (L. Pöysti, persönliche Kommunikation, 28.01.2015). Der Anstieg von 2002 auf 2003 hebt sich nicht deutlich von den anderen Schwankungen ab. Die Helmpflicht in Finnland hat daher keinen erkennbaren Einfluss auf den schon in den Jahren davor existierenden Anstieg der Tragequote ausgeübt.

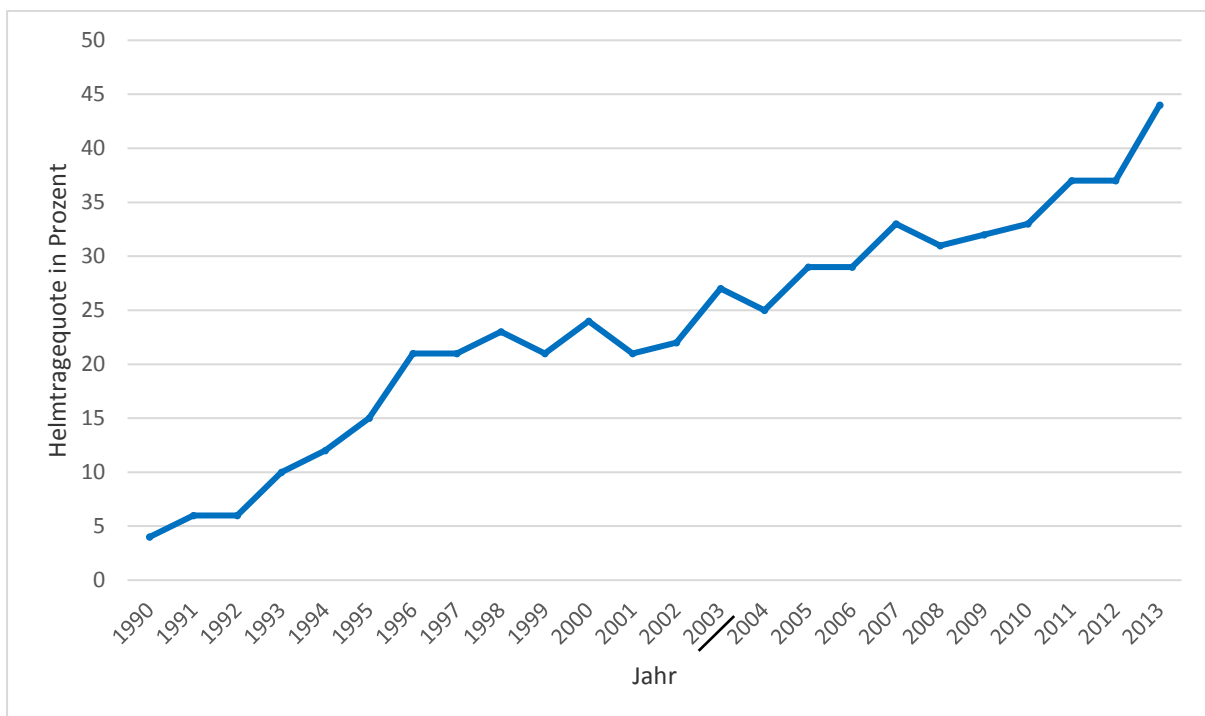


Abbildung 24: Entwicklung der Helmtragequote in Finnland. Die Helmpflicht gilt für alle Radfahrer seit 2003 (unterstrichen) (Liikenneturva, 2013).

Dabei sei angemerkt, dass die Helmnutzung innerhalb Finnlands mitunter sehr differiert – abhängig von der Region, dem Zweck des Radfahrens und der Zeit. Im Gebiet in und um Helsinki ist die Helmtragequote mit etwa 70 % am höchsten, in anderen Regionen in Finnland liegt sie dagegen bei nur 15 % (J. Valtonen, persönliche Kommunikation, 13.05.2015). Es ist daher anzunehmen, dass auch die Wirkung der Helmpflicht auf das Helmtrageverhalten in den Regionen unterschiedlich stark ausfiel.

Abbildung 25 zeigt die Entwicklung der Tragequote in Helsinki. Auch hier stieg diese schon vor Einführung der Helmpflicht an. Im Jahr 1993 trugen nur etwa 15 % aller Menschen einen Helm, 2002 lag die Quote dagegen bei etwa 40 %.

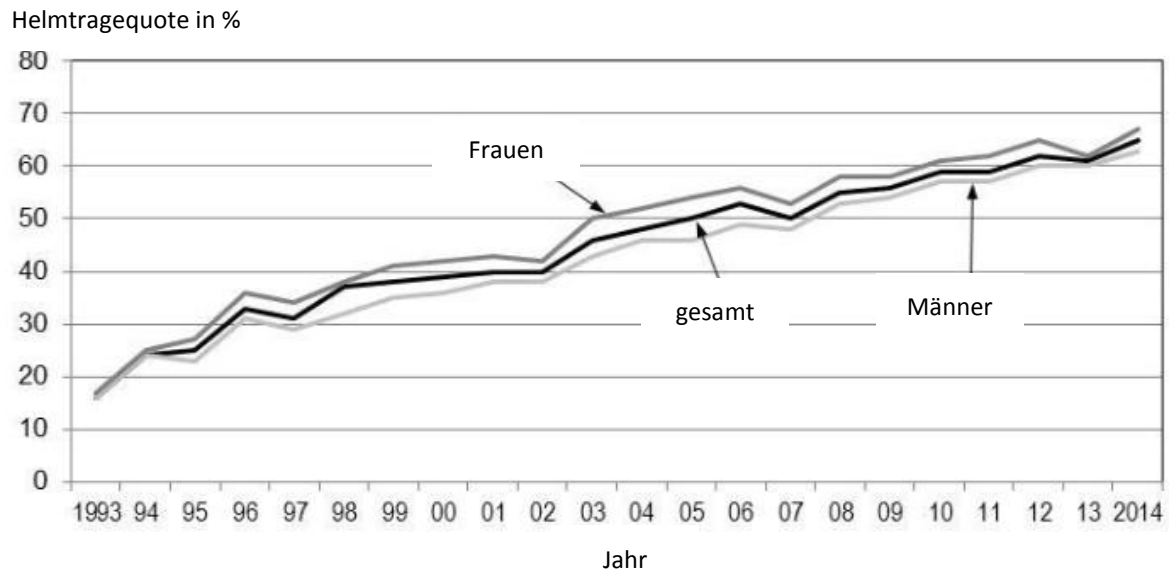


Abbildung 25: Entwicklung der Helmtragequote in Helsinki. Die Helmpflicht gilt für alle Radfahrer seit 2003 (Stadt Helsinki, Verkehrsplanungsamt, 2014).

### 3.1.6 Schweden

In Schweden besteht seit Juni 2005 Helmpflicht für Radfahrer unter 15 Jahren. Kinder müssen keine Strafe bei Missachtung zahlen. Eltern, die gemeinsam Rad mit den Kindern fahren, müssen für Kinder ohne Helm eine Strafe in Höhe von 50 € zahlen (BHRF, o. J., f).

Seit 1988 werden in Schweden jährlich Beobachtungen in 21 Städten durchgeführt (Larsson, 2012). Im Jahr 2011 wurden über 57.000 Radfahrer der folgenden vier Kategorien observiert:

- Kinder (0-10 Jahre), die in ihrer Freizeit in ihrem Wohngebiet Rad fahren
- Kinder (6-15 Jahre) auf ihrem Schulweg
- Erwachsenen ( $\geq 16$  Jahre) auf ihrem Arbeitsweg
- Erwachsene und Kinder auf Radwegen

Abbildung 26 und Abbildung 27 zeigen die Entwicklung der Helmtragequoten insgesamt und nach aufgegliedert nach den erwähnten Kategorien. Es ist zu erkennen, dass seit Beginn der Aufzeichnung der Daten in der Tendenz ein kontinuierlicher Anstieg stattfindet. Die Einführung des Gesetzes im Jahr 2005 hat lediglich einen Einfluss auf Kinder unter 10 Jahren, die in ihrem Wohngebiet Rad fahren. Hier erhöhte sich die Helmtragequote innerhalb eines Jahres von etwa 35 % auf 65 % und dann bis 2011 weiter auf 83 %. Bereits 1997 lag die Helmtragequote ohne Helmpflicht für Kinder unter 10 Jahren bei ca. 55 %.

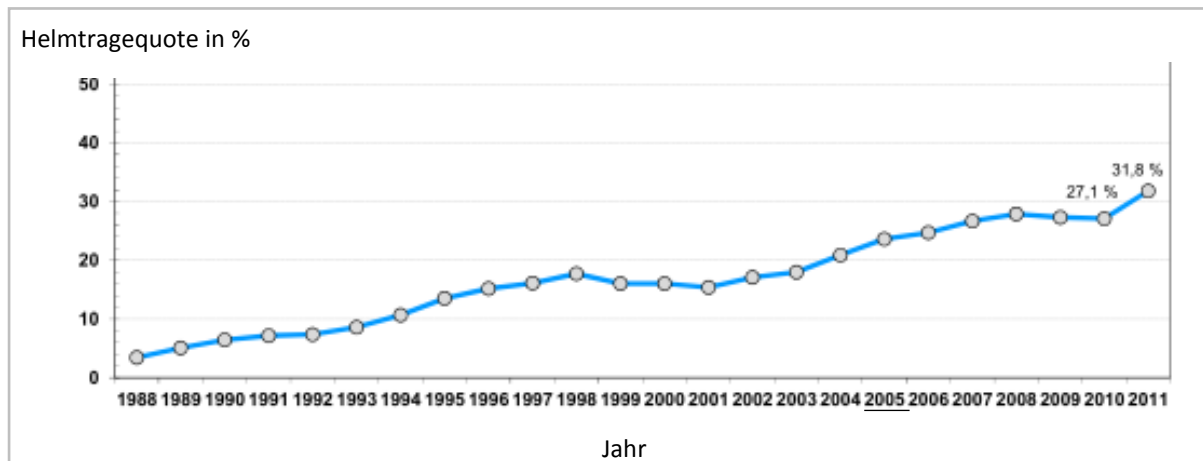


Abbildung 26: Entwicklung der Helmtragequote in Schweden (Larsson, 2012). Einführung der Helmpflicht im Jahr 2005 (unterstrichen)

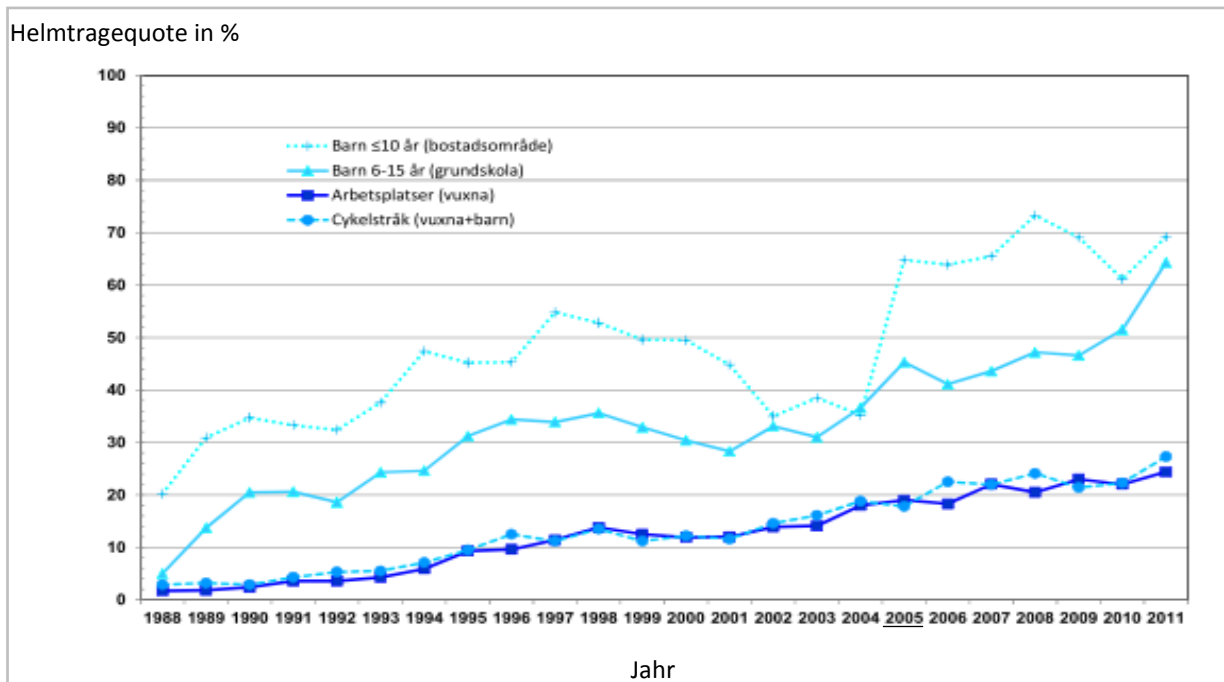


Abbildung 27: Entwicklung der Helmtragequote in Schweden nach verschiedenen Altersklassen und Fahrwegen (Larsson, 2012). Einführung der Helmpflicht im Jahr 2005 (unterstrichen).

Tabelle 32: Zusammenfassung der Entwicklung der Helmtragequote in Ländern mit Helmpflicht.

| Land       | Gesetz | Zielgruppe | Strafe                                                          | Datenbasis    | Stichprobe                                                                                                                                       | Ausgangsniveau<br>Tragequote | Veränderung<br>Tragequote<br>(Jahr)                              | Erkennbare<br>Effekte |
|------------|--------|------------|-----------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Neuseeland | 1994   | alle       | 36 € bis 700 € im<br>Wiederholungsfall                          |               | 5-12 Jahre<br>13-18 Jahre<br>>18 Jahre                                                                                                           | 87 %<br>56 %<br>39 %         | + 10 % (2012)<br>+ 34 % (2012)<br>+ 51 % (2012)                  | Langzeiteffekte       |
| Australien |        |            |                                                                 |               |                                                                                                                                                  |                              |                                                                  |                       |
| NSW        | 1991   | alle       | 100 €                                                           | Beobachtungen | < 16 Jahre<br>16+ Jahre                                                                                                                          | 32 %<br>25 %                 | + 42 % (1993)<br>+ 58 % (1993)                                   | Kurzzeiteffekte       |
| Victoria   | 1990   | alle       | Erwachsene:<br>100 €,<br>Kinder:<br>Mitteilung an die<br>Eltern | Beobachtungen | Berufspendler<br>Melbourne<br>Freizeitfahrer<br>Melbourne<br>Berufspendler<br>Überlandfahrt<br>Freizeitfahrer<br>Überlandfahrt<br>alle Radfahrer | 43 %<br>31 %<br>23 %<br>13 % | + 36 % (1991)<br>+ 39 % (1991)<br>+ 58 % (1991)<br>+ 61 % (1991) | Kurzzeiteffekte       |

| Land               | Gesetz        | Zielgruppe | Strafe                         | Datenbasis                       | Stichprobe    | Ausgangsniveau<br>Tragequote | Veränderung<br>Tragequote<br>(Jahr) | Erkennbare<br>Effekte     |                           |
|--------------------|---------------|------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| South<br>Australia | 1991          | alle       | Höhe des Bußgelds<br>unbekannt | Schätzung für<br>Gesamt-Victoria | < 15 Jahre    | 31 %                         | + 44 % (1991)                       | mittelfristige<br>Effekte |                           |
|                    |               |            |                                |                                  | 15+ Jahre     |                              |                                     |                           |                           |
|                    |               |            |                                |                                  |               |                              |                                     |                           |                           |
|                    |               |            |                                | Haushalts-<br>befragung          |               | 42 %                         | + 26 % (1993)                       |                           | + 76 % (1993)             |
|                    |               |            |                                |                                  |               |                              |                                     |                           |                           |
|                    |               |            |                                | Beobachtungen                    | hauptsächlich | 15 %                         |                                     |                           |                           |
|                    |               |            |                                |                                  | Berufspendler |                              |                                     |                           |                           |
|                    |               |            |                                | Beobachtungen                    | Kinder        | 39 %                         | + 59 % (1993)                       |                           | mittelfristige<br>Effekte |
|                    |               |            |                                |                                  | Jugendliche   |                              |                                     |                           |                           |
|                    |               |            |                                |                                  |               |                              |                                     |                           |                           |
|                    |               |            |                                |                                  |               | 20 %                         | + 74 % (1994)                       |                           | mittelfristige<br>Effekte |
|                    | + 85 % (1994) |            |                                |                                  |               |                              |                                     |                           |                           |
|                    | 2 %           |            |                                |                                  |               |                              |                                     |                           |                           |
| Kanada             |               |            |                                |                                  |               |                              |                                     |                           |                           |

| <i>Land</i>      | <i>Gesetz</i> | <i>Zielgruppe</i> | <i>Strafe</i>                                            | <i>Datenbasis</i> | <i>Stichprobe</i> | <i>Ausgangsniveau<br/>Tragequote</i> | <i>Veränderung<br/>Tragequote<br/>(Jahr)</i> | <i>Erkennbare<br/>Effekte</i> |
|------------------|---------------|-------------------|----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|
| Nova Scotia      | 1997          | alle              | 17 €, Eltern haften für ihre Kinder                      | Beobachtungen     | Kinder            | 49 %                                 | + 35 % (Ø1998/99)                            | Kurzzeiteffekte               |
|                  |               |                   | Möglichkeit der Beschlagnahmung des Fahrrads für 30 Tage |                   | Jugendliche       | 29 %                                 | + 41 % (Ø 1998/99)                           |                               |
|                  |               |                   |                                                          |                   | Erwachsene        | 36 %                                 | + 50 % (Ø 1998/99)                           |                               |
| British Columbia | 1996          | alle              | Erwachsene: 18 €                                         | Beobachtungen     |                   | 60 %                                 | + 18 % (1999)                                |                               |
|                  |               |                   |                                                          |                   | 1-5 Jahre         | 35 %                                 | + 26 % (1999)                                | Mittelfristige Effekte        |
|                  |               |                   |                                                          |                   | 6-15 Jahre        | 47 %                                 | + 22 % (1999)                                |                               |
|                  |               |                   |                                                          |                   | 16-30 Jahre       | 52 %                                 | + 17 % (1999)                                |                               |
|                  |               |                   |                                                          |                   | 31-50 Jahre       | 41 %                                 | + 32 % (1999)                                |                               |
| Alberta          | 2002          | < 18 Jahre        | 50 €                                                     | Beobachtungen     | >50 Jahre         | 28 %                                 | + 55 % (2004)                                |                               |
|                  |               |                   |                                                          |                   | < 18 Jahre        | 49 %                                 | -1 % (2004)                                  |                               |
|                  |               |                   |                                                          | Beobachtungen     | 18 + Jahre        | 75 %                                 | + 17 % (2006)                                | Mittelfristige Effekte        |
|                  |               |                   |                                                          |                   | Kinder            | 30 %                                 | + 33 % (2006)                                |                               |
|                  |               |                   |                                                          |                   | Jugendliche       | 52 %                                 | + 3 % (2006)                                 | Mittelfristige Effekte        |
|                  |               |                   |                                                          | Beobachtungen     | Erwachsene        | 46 %                                 | +/- 0 % (2001)                               |                               |
|                  | 1995          | < 18 Jahre        | 70 €, Eltern haften                                      |                   |                   |                                      |                                              |                               |

| <i>Land</i> | <i>Gesetz</i>                                      | <i>Zielgruppe</i> | <i>Strafe</i>                                             | <i>Datenbasis</i> | <i>Stichprobe</i> | <i>Ausgangsniveau<br/>Tragequote</i> | <i>Veränderung<br/>Tragequote<br/>(Jahr)</i> | <i>Erkennbare<br/>Effekte</i> |
|-------------|----------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|
| Ontario     |                                                    |                   | für ihre Kinder                                           |                   | 5-14 Jahre        |                                      |                                              | Langzeiteffekte               |
| USA         | variiert je nach Bundesstaat, meist < 18 oder < 16 |                   | keine Strafe, schriftliche Verwarnung o. geringe Geldbuße | Beobachtungen     | < 16 Jahre        | 2-14 %                               | + 4-66 % (variiert)                          | Kurzzeit- bis                 |
|             |                                                    |                   |                                                           | Umfrage           | < 16 Jahre        | 11 %                                 | + 26-34 % (variiert)                         | mittelfristige Effekte        |
| Finnland    | 2003                                               | alle              | keine                                                     | Beobachtungen     | alle              | 22 %                                 | + 22 % (2013)                                | Langzeiteffekte               |
| Schweden    | 2005                                               | < 15 Jahre        | keine, Eltern zahlen 50 €, wenn sie gemeinsam fahren      | Beobachtungen     | alle              | 24 %                                 | + 8 % (2011)                                 | Langzeiteffekte               |

### 3.1.7 Durchsetzungsmaßnahmen (Enforcement)

#### 3.1.7.1 Durchsetzungsmaßnahmen in Ländern mit Helmpflicht

Ob und wie die Helmpflicht tatsächlich durchgesetzt wird, ist nicht in allen Ländern gleich gut dokumentiert; mitunter lassen sich keinerlei Informationen über die Durchsetzungsmaßnahmen finden. Es liegt nahe, dass die Sanktionen in solchen Ländern gering sind oder gänzlich fehlen. Einen Überblick über Maßnahmen zur Kontrolle der Gesetzesbefolgung und über Strafen bei Nichtbefolgung liefert Tabelle 33. Durchsetzungsmaßnahmen werden vor allem in den Ländern eingeführt, in denen die Helmpflicht auch für strafmündige Personen gilt. Diese dürfen für ein Vergehen mit einem Bußgeld belangt werden, dessen Höhe je nach Land zwischen 15 € und 100 € liegt. Bei strafunmündigen Personen müssen zum Teil die Eltern haften, oftmals jedoch nur dann, wenn sie über das Vergehen ihrer Kinder informiert waren. In der praktischen Umsetzung dürfte dies bedeuten, dass sie zu dem Zeitpunkt in Begleitung ihrer Kinder sein müssten. Eine andere Variante ist das Aussprechen einer Verwarnung oder das Informieren der Eltern. In der kanadischen Provinz Nova Scotia darf bei einem Verstoß sogar das Fahrrad für 30 Tage beschlagnahmt werden. Belege über konsequente Durchsetzungsmaßnahmen liegen aus Teilen von Kanada und Australien vor.

*Tabelle 33: Durchsetzungsmaßnahme der Helmpflicht in den einzelnen Ländern.*

| <b>Land</b>                  | <b>Zielgruppe Gesetz</b>                                         | <b>Durchsetzungsmaßnahme</b>                                                                                                         |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Australien                   | alle                                                             |                                                                                                                                      |
| Australian Capital Territory |                                                                  | nur sporadisch                                                                                                                       |
| New South Wales              |                                                                  | Bußgeld: ca. 100 €; in den meisten Gegenden konsequent vollstreckt                                                                   |
| Northern Territory           | außer Personen > 17 J. auf Fuß- oder Radwegen abseits der Straße |                                                                                                                                      |
| Queensland                   |                                                                  | Bußgeld: 50 €; für 10-16-Jährige erst nach 3 Vergehen fällig: erst Verwarnung, dann Mahnung; pro Jahr etwa 23.000 gemeldete Verstöße |
| South Australia              |                                                                  | Bußgeld: Höhe unbekannt; in den meisten Gegenden konsequent vollstreckt                                                              |
| Tasmanien                    |                                                                  | zumindest in den meisten Gegenden konsequent vollstreckt                                                                             |
| Victoria                     |                                                                  | Bußgeld: 100 €; Kinder: schriftliche Mitteilung an die Eltern; wird konsequent vollstreckt: jährlich etwa 20.000 Bußgelder           |
| Western Australia            |                                                                  |                                                                                                                                      |
| Brasilien                    | alle                                                             | Keine Strafe                                                                                                                         |



| <b>Land</b>          | <b>Zielgruppe Gesetz</b> | <b>Durchsetzungsmaßnahme</b>                                                                                                                    |
|----------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chile                | alle nur innerstädtisch  |                                                                                                                                                 |
| Estland              | < 16                     | Bußgeld: 15-35 €                                                                                                                                |
| Finnland             | alle                     | Keine Strafe                                                                                                                                    |
| Island               | < 15                     | Keine Strafe                                                                                                                                    |
| Israel               | < 18                     | Die meisten Radfahrer tragen keinen Helm, Durchsetzungsmaßnahme vermutlich nicht existent                                                       |
| Japan                | < 13                     | Keine Strafe                                                                                                                                    |
| Kanada               |                          |                                                                                                                                                 |
| Alberta              | < 18                     | Bußgeld: 48 €                                                                                                                                   |
| British Columbia     | alle                     | Bußgeld: 18 €, Kinder < 16 Jahre: Eltern haften, sofern ihnen der Verstoß bewusst war; vermutlich konsequent vollstreckt                        |
| New Brunswick        | alle                     | Bußgeld für Personen > 15 Jahre: 15 €                                                                                                           |
| Nova Scotia          | alle                     | Bußgeld: mindestens 17 €; Kinder < 16 Jahre: Eltern haften, sofern ihnen der Verstoß bewusst war; Fahrrad darf für 30 Tage beschlagnahmt werden |
| Ontario              | < 18                     | Bußgeld: 74 €; Kinder < 16 Jahre: Eltern haften; kein Durchsetzungsmaßnahme und keine Belege, dass Strafen erteilt werden                       |
| Prince Edward Island | alle                     | Bußgeld: 35-70 €; Kinder < 16 Jahre: Eltern haften, sofern ihnen der Verstoß bewusst war                                                        |
| Kroatien             | < 16                     | Bußgeld: 40 €                                                                                                                                   |
| Lettland             | < 12                     |                                                                                                                                                 |
| Litauen              | < 18                     |                                                                                                                                                 |
| Malta                | alle                     |                                                                                                                                                 |

| <b>Land</b>          | <b>Zielgruppe Gesetz</b>                             | <b>Durchsetzungsmaßnahme</b>                                                                                                                                           |
|----------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Neuseeland           | alle                                                 | Bußgeld: ca. 36 €, im Wiederholungsfall bis 700 €; Durchsetzungsmaßnahme variiert zwischen Regionen und nach Einstellungen der Polizisten; fast jährlich Blitzaktionen |
| Österreich           | < 12                                                 | Keine Strafe                                                                                                                                                           |
| Schweden             | < 15                                                 | Strafe für Eltern mit Rad fahrenden Kindern ohne Helm: 50 €; keine Informationen über das Ausmaß der Durchsetzungsmaßnahmen                                            |
| Slowakei             | alle außerorts, < 15<br>zudem innerorts              | Bußgeld: mindestens 60 €                                                                                                                                               |
| Slowenien            | < 15                                                 | Verwarnung                                                                                                                                                             |
| Spanien              | alle außerorts, < 18<br>zudem innerorts <sup>a</sup> | Bußgeld: bis 90 €; Durchsetzungsmaßnahme ist sehr gering                                                                                                               |
| Südafrika            | alle                                                 | Durchsetzungsmaßnahme sehr selten, keine Priorität der Polizei                                                                                                         |
| Südkorea             | < 13                                                 |                                                                                                                                                                        |
| Tschechien           | < 18                                                 | kein Durchsetzungsmaßnahme, keine Priorität der Polizei                                                                                                                |
| USA, 38 Bundesländer | meist < 16                                           | meist nur geringes Bußgeld (z. B. Kalifornien: 22 €), mündliche oder schriftliche Verwarnung, Beratung                                                                 |

<sup>a</sup> nicht bei langen Steigungen und hohen Temperaturen

*Quellen:* BHRF (o. J., a); BHSI (2015); Kidd (2014); Thompson (2013); Calgary Police Service (2014); DVR (2015); Eltis (2015); bmvit (2015)

### *3.1.7.2 Übertragung auf Deutschland*

In Deutschland sind Jugendliche ab 14 Jahren strafmündig. Würde eine Helmpflicht eingeführt werden, die nur für Kinder unter 14 Jahren gilt, könnten diese beim Fahren ohne Helm also nicht strafrechtlich belangt werden (siehe rechtliche Würdigung im Kapitel 6, S. 252ff). Für strafmündige Personen kann davon ausgegangen werden, dass das Bußgeld für einen Verstoß gegen die Helmpflicht vergleichbar ist mit anderen Ordnungswidrigkeiten beim Fahrradfahren. Gemäß dem aktuellen Bußgeldkatalog (VFBV, 2015a) wird das Missachten der Vorfahrt ohne Behinderung, Gefährdung oder Sachbeschädigung z. B. mit 15 € geahndet, das Fahren über eine rote Ampel, die länger als 1 Sekunde Rot ist, kostet 100 €. Das kleinstmögliche Bußgeld für einen Verstoß ist mit 15 € angesetzt.

Bei der Bußgeldhöhe ist zu beachten, dass einerseits das Nichttragen eines Helmes nicht mit einer Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer einhergeht. Schaden nehmen kann nur der Zuwiderhandelnde selbst. Andererseits ist – auch gestützt aus den internationalen Erfahrungen – anzunehmen, dass die Wirksamkeit einer Helmpflicht in Bezug auf die angestrebte Erhöhung der Helmtragequote auch von Höhe eines Bußgeldes abhängt.

Wie hoch das Risiko einer Geldbuße ist, wie wahrscheinlich es also ist, dass ein Radfahrer beim Fahren ohne Fahrradhelm ertappt wird, ist abhängig von der Häufigkeit von Kontrollen. Es ist davon auszugehen, dass das Fahren mit Helm ebenso häufig wie andere strafrechtliche Vergehen im Radverkehrsbereich kontrolliert wird, da vermutlich alle Vergehen im Zuge einer Kontrollaktion gemeinsam überprüft werden. Die Häufigkeit und das Ausmaß von Kontrollen variiert je nach Stadt oder Region in Deutschland. In einigen Regionen werden in regelmäßigen Abständen sogenannte Schwerpunktaktionen durchgeführt, bei welchen eine Vielzahl von Polizisten an meist einem oder wenigen Tagen gezielt Radfahrer beobachten und überprüfen.

### 3.1.8 Zusammenfassung

In den einzelnen Ländern zeigen sich erhebliche Unterschiede im Hinblick auf die Helmtragequote vor und nach Einführung der Helmpflicht. Obgleich die Tragequote nach Einführung in nahezu allen Ländern, in welchen entsprechende Studien verfügbar sind, anstieg, variiert das Ausmaß stark.

In **Neuseeland** stieg die Helmtragequote aufgrund vorangegangener Kampagnen bereits Jahre vor Einführung der Helmpflicht an, wobei prozentual mehr Kinder als Erwachsene einen Helm trugen. Die Helmpflicht führte zu einem weiteren starken Anstieg. Im Ergebnis wurde bei allen Altersgruppen eine Helmtragequote von über 90 % erreicht. Diese blieb in den folgenden Jahren nahezu konstant.

Auch die Befunde für **Australien** lassen einen hohen Einfluss des Gesetzes auf den Anstieg der Helmtragequoten erkennen, wobei bisher die Langzeitwirkung (mehrere Jahre nach Einführung der Helmpflicht) nicht ausreichend untersucht wurde.

Studien für die Provinzen Nova Scotia, British Columbia und Alberta in **Kanada** weisen signifikante Anstiege bei Kindern und Jugendlichen nach. Ein Übertragungseffekt auf die nicht vom Gesetz betroffene Population wurde nicht gefunden. Weder kann ein allgemeiner Trend ausgeschlossen noch können Langzeitwirkungen erkannt werden, da hierfür die Datenlage zu schwach ist. Lediglich eine Beobachtungsreihe in Ontario untersucht die Helmtragequote über einen längeren Zeitraum. Auch sie findet zunächst kurzfristige Anstiege, verzeichnet jedoch mehrere Jahre nach Gesetzeseinführung einen Rückgang auf das Ausgangsniveau.

In den **USA** sind kurzfristige positive Auswirkungen der Helmpflicht auf die Helmtragequote bei Kindern und Jugendlichen zu erkennen. Der Anstieg der Helmtragequoten ist hier jedoch deutlich schwächer ausgeprägt als in Australien und Neuseeland. Die Helmtragequoten nach Einführung der Helmpflicht liegen hier zudem unter den Werten die in anderen Staaten allein mit kommunikativen Maßnahmen erreicht werden. Zudem sinken die Werte nach Einführung teilweise wieder ab. Eine Studie in North Carolina zeigt einen Übertragungseffekt auf Erwachsene, für die das Gesetz nicht gilt.

In **Finnland und Schweden** steigt die Helmtragequote seit über 20 Jahren stetig an. Hier hat die Helmpflicht keine Auswirkungen gezeigt. In Schweden hat sie lediglich Kinder unter 10 Jahren zu mehr Helmtragen animiert.

Das Ausgangsniveau der Tragequoten in Ländern vor Einführung einer Helmpflicht war sehr unterschiedlich. In vielen Ländern ist durch ein sich veränderndes Gefahrenbewusstsein sowie durch kommunikative Maßnahmen die Tragequote bereits vor Einführung einer Helmtragepflicht erhöht worden. Teilweise hat vermutlich auch die Diskussion über die Schutzwirkung von Helmen und die Einführung einer Helmpflicht zu hohen Ausgangswerten beigetragen.

Die Helmtragequoten nach Einführung einer Helmpflicht unterscheiden sich ebenfalls. Die Tragequote stieg nach Einführung in nahezu allen Ländern, in denen entsprechende Studien verfügbar sind, zumindest kurzfristig an. Teilweise sind die deutlich erhöhten Helmtragequoten eindeutig der Helmpflicht zuzuschreiben<sup>36</sup>. Dauerhaft hohe Helmtragequoten wurden besonders dort erreicht, wo die Einführung einer Helmtragequote durch kommunikative Maßnahmen begleitet und auch geahndet wird.

Analysen zu Langzeiteffekten gibt es derzeit nur wenige, wobei die verfügbaren Studien gegensätzliche Ergebnisse liefern. Selbiges gilt für einen Übertragungseffekt auf Personengruppen, für die die Helmpflicht nicht gilt.

Ein großes Problem bei der Interpretation der Ergebnisse ist, dass zumeist keine Kenntnis über die Entwicklung der Radnutzung vorliegt. Eine nicht gelöste Frage ist, ob der beobachtete Anstieg der Helmtragequote auf eine Helmnutzung vormals unbehelmter Radfahrer zurückgeht, oder darauf, dass diese nun auf das Radfahren verzichten.

Nicht geklärt ist zudem, wie sich die Veränderung der Helmtragequote auf unterschiedliche Nutzergruppen und Fahrtzwecke aufteilen. Es kann aus den Daten daher beispielsweise nicht herausgelesen werden, in wieweit Daten aus Staaten mit einem hohen Anteil an Freizeitverkehr auf die Verhältnisse in Deutschland mit vergleichsweise viel Alltagsradfahrern übertragbar sind.

Bei Vergleich der Ahndungshöhen bei Verletzung der Helmpflicht lässt vermuten, dass der Erfolg einer Helmpflicht mit der Durchsetzungskraft korreliert. In Finnland oder Schweden mit keiner oder nur geringer Ahndung ist kein Einfluss der Helmpflicht auf die Helmtragequote zu erkennen. Auch in den USA, wo die Strafen eher gering sind, sind auch die Veränderungen der Helmnutzung nach Einführung einer Helmpflicht eher gering und vor allem nicht nachhaltig. Dagegen haben Neuseeland und Australien mit Strafen bis zu ca. 650€ durch die Einführung der Helmpflicht entscheidende und andauernde Veränderungen des Helmtrageverhaltens bewirkt. Die für Deutschland zu erwartenden Bußgeldhöhen für die Missachtung einer Helmpflicht sind im Vergleich eher gering (siehe Kapitel 6, S. 252ff).

---

<sup>36</sup> siehe auch Karkhaneh, et al. (2006)

## 3.2 Alternative Maßnahmen zu Erhöhung der Helmtragequote

Fahrradhelme sind ein wirksames Mittel, Kopfverletzungen zu vermeiden oder abzumildern. Ziel ist daher eine substantielle Steigerung der Helmtragequote. Eine Helmpflicht ist ein starker staatlicher Eingriff. Dieser ist nur zu rechtfertigen, wenn dasselbe Ziel – die Erhöhung der Helmtragequote – nicht mit mildereren, nichtlegislativen Mitteln erreichbar ist.

In diesem Kapitel werden Barrieren der Helmnutzung aufgezeigt sowie alternative oder ergänzende nichtlegislative Maßnahmen und ihre Wirksamkeit zur Steigerung der Helmtragequote vorgestellt. Studien der vergangenen Jahrzehnte belegen überzeugend die Wirksamkeit dieser Maßnahmen. Dazu gehören edukative Maßnahmen und massenmediale Kampagnen, oft begleitet von der Abgabe kostenloser oder vergünstigter Fahrradhelme. Viele dieser Kampagnen richten sich an Kinder und Jugendliche im Schulalter.

Daneben wird in diesem Kapitel außerdem ein vorsichtiger Vergleich zur Wirksamkeit der Helmpflicht als Mittel zur Steigerung der Helmtragequote gezogen. Außerdem werden Empfehlungen ausgesprochen, unter welchen Voraussetzungen auch in Deutschland ein substantieller Anstieg der Helmtragequote auf Basis nichtlegislativer Maßnahmen realistisch wäre.

### 3.2.1 Barrieren der Helmnutzung

Um wirksame Maßnahmen zur Erhöhung der Helmtragequote entwickeln zu können, müssen vorhandene Barrieren der Helmnutzung erkannt werden. Im Folgenden werden die wichtigsten vorgestellt.

Im Rahmen dieser Studie wurde eine repräsentative Telefonbefragung zu Fragen der Helmpflicht durchgeführt (siehe Kapitel 4.1). Eine Frage bezog sich dabei auch auf die Motive der Nichtnutzung von Fahrradhelmen. Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass die Gründe für das Fahren ohne Helm recht vielfältig sind (siehe Abbildung 51, S. 107). Hauptmotive für die Nichtnutzung von Helmen sind:

- Komfortaspekte sowie ästhetische Gründe (38 %)
- Gewohnheit (17 %)
- Zweifel an der Notwendigkeit der Helmnutzung (15 %)

An diesen Punkten sollten entsprechend die Bemühungen um die Erhöhung der Helmtragequote ansetzen. Auf die Punkte Sicherheitswahrnehmung und Komfort wird im Folgenden noch einmal näher eingegangen. Zudem wird der Einfluss der Eltern und Peers auf die Helmnutzung untersucht. Eine fehlende Helmverfügbarkeit wird nur von 8 % der Befragten als Argument angeführt. Dies ist also nicht der Hauptaspekt.

#### 3.2.1.1 Unterschiede zwischen Helm- und Nichthelmträgern

Einige soziodemografische Merkmale sind stark mit der Helmnutzung assoziiert. Dazu gehören z.B. Einkommen, Bildungsniveau, Region und Geschlecht. Seltener ist die Helmnutzung beispielsweise bei Frauen, in ländlichen Gebieten, bei geringerem Bildungsstand und niedrigerem Einkommen Dellinger & Kresnow (2010), Ritter & Vance (2011). Die bei Kindern sehr hohe Helmtragequote nimmt bei Ju-

gendlichen ab. Diese Abnahme tritt alters- und nicht generationenbedingt auf, ändert sich also nicht allein durch Änderung der Gesellschaft in der Zeit (Schreckenberget al., 2005). Auch der Nutzungskontext spielt eine Rolle. Helmnutzung bei Sport- und Freizeitaktivitäten übersteigt die Helmnutzung im Alltagsverkehr. Auch die eigene Telefonbefragung hat dies deutlich gezeigt (siehe Abbildung 63, S. 114). Für verhaltensbezogene Unterschiede zwischen Helmträgern und Nicht-Helmträgern gibt es keine signifikanten Belege bzw. Hinweise auf nur geringe Unterschiede (Bambach, Mitchell, Grzebieta, & Olivier, 2013).

Obwohl die Unterschiede u.a. von der gewählten Datenbasis und dem Herkunftsland der Studien mit geprägt und daher mit angebrachter Vorsicht zu interpretieren sind, steht dennoch fest, dass die Helmnutzung von personenbezogenen und situativen Merkmalen abhängt. Die für Interventionsansätze entscheidende Frage ist jedoch nicht, welche Radfahrer wann auf den Helm verzichten, sondern warum sie sich dagegen entscheiden.

### *3.2.1.2 Unfallwahrscheinlichkeit als gering eingeschätzt*

Die meisten Kinder, Jugendlichen und Erwachsenen wissen, dass Helme vor Kopfverletzungen schützen und einem auch das Leben retten können<sup>37</sup>. Das Wissen um das Ausmaß der Schutzwirkung mag allerdings unterschiedlich sein. So schätzen Erwachsene die Schutzwirkung höher ein als Jugendliche (Finnoff, Laskowski, Altman, & Diehl, 2001). Zudem schätzen Helmträger die Schutzwirkung stärker an als Nicht-Helmträger (siehe Abbildung 53, S. 108).

Das abstrakte Wissen um diese Schutzwirkung allein führt jedoch nicht zu einer verstärkten Helmnutzung. Ein Grund dafür mag darin liegen, dass Radfahrer nicht davon ausgehen, selbst einen Unfall mit Kopfverletzung zu erleiden. Viele Jugendliche und Erwachsene beurteilen die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls mit Kopfverletzung beim Radfahren ohne Helm als gering<sup>38</sup>. Eine Verhaltensänderung ist nur zu erwarten, wenn die abstrakten Zahlen auch emotional aufgenommen werden. Dies kann beispielsweise geschehen, indem die eigene Verwundbarkeit in das Bewusstsein der Radfahrer rückt.

Die eigene Verwundbarkeit wird beim Erleben gefährlicher Situationen sehr konkret wahrgenommen. Im Rahmen der eigenen Telefonbefragung von Radfahrenden konnte ein Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung gefährlicher Situationen und der Intensität der Helmnutzung aufgezeigt werden (Abbildung 66, S. 116).

Die eigene Verwundbarkeit kann auch durch eine starke Betonung der Gefährlichkeit des Radfahrens in der Kommunikation betont werden. Dieses Vorgehen wird allerdings kritisch diskutiert, und zwar aus zwei Gründen.

- Zum einen wird die Mehrzahl der Radfahrer im Laufe ihres Lebens beim Radfahren keine schwerwiegenden oder tödlichen Kopfverletzungen erleiden. Das Risiko ist damit objektiv sowie im Vergleich zu anderen Tätigkeiten (Schwimmen Treppensteigen) nicht sehr hoch<sup>39</sup>, so dass die Einschätzung der Unfallwahrscheinlichkeit des Radfahrens nicht objektiv unterschätzt wird.
- Zum anderen wird befürchtet, dass die Radnutzung zurückgeht, wenn Radfahren als gefährlich dargestellt wird. Einer sehr aktuellen Studie von Gamble et al. (2015) zufolge beabsich-

---

<sup>37</sup> Constan et al. (2012), Gielen, et al. (1994), Otis, et al. (1992)

<sup>38</sup> Constan et al. (2012), Finnoff et al. (2001)

<sup>39</sup> Statistisch muss man in Deutschland 50.000 Jahre Rad fahren, um tödlich zu verunfallen.

tigten Radfahrer, nach Informationen über die Getötetenzahlen und die Häufigkeit von Kopfverletzungen ebenso häufig Rad zu fahren wie zuvor. Allerdings war die vermittelte Information wenig konfrontativ, recht humorig aufbereitet und insgesamt recht wirkungslos, was Veränderungen im erlebten Risiko beim Radfahren betraf.

### 3.2.1.3 Geringer Komfort

Radfahrer verzichten nicht deswegen auf den Helm, weil sie dessen Schutzwirkung gering einschätzen. Sie verzichten auf den Helm, weil die Nutzungsbarrieren als zu hoch empfunden werden. Dazu gehört zum einen der geringe Komfort: ein Helm wird als unbequem empfunden, im Sommer als zu heiß, und die Handhabung (Größenverstellung, Verstauen bei Fahrtende) als umständlich<sup>40</sup>. Bei der eigenen Telefonbefragung (siehe Abbildung 51, S. 107) wurden bei der Befragung nach den Gründen einer Nichtbenutzung des Helmes zu 39 % Komfortgründe genannt (unangenehm, sieht nicht gut aus, zerstört die Frisur, umständlich (Verstauen/Transport), im Sommer zu warm, Faulheit).

Lajunen & Räsänen (2004) empfehlen nach einer Befragung von knapp 1000 Teenagern, sich bei alternativen Maßnahmen zur Steigerung der Helmtragequote auf den Abbau der Nutzungsbarrieren zu konzentrieren. Diese sagen die intendierte Helmnutzung viel besser voraus als das Ausmaß der Zustimmung zum Nutzen eines Helms. Zu den Nutzungsbarrieren gehören der mangelnde Komfort und negative Einstellungen der Peers.

### 3.2.1.4 Einfluss von Eltern und Peers

Ein entscheidender Faktor bei der Entscheidung für oder gegen einen Helm ist der Einfluss relevanter Bezugspersonen. Bei Kindern spielt die Haltung der Eltern eine wichtige Rolle<sup>41</sup>. Den größten Einfluss üben die gleichaltrigen Bezugspersonen, d.h. die Peers aus. Kinder mit Helm sind häufiger mit anderen behelmten Kindern unterwegs und umgekehrt<sup>42</sup>. Vor allem fürchten Kinder die Ablehnung durch ihre Peers<sup>43</sup>. Erfolgreiche alternative Maßnahmen zur Helmnutzung müssen daher vermitteln, *“that helmet use is fun and attractive, helmets provide a new look and a sporting image, and friends approve of and value this behavior”* (Otis, et al., 1992).

Der Einfluss der Peers ist vor allem bei Kindern und Jugendlichen untersucht, doch auch bei Erwachsenen nicht zu unterschätzen. Dannenberg et al. (1993b) haben in einer Beobachtungsstudie einen indirekten, aber überzeugenden Beleg für die Rolle der Peers bei Erwachsenen aufgezeigt. Radfahrer, die mindestens zu zweit unterwegs waren, zeigten in mind. 80 % der Fälle eine übereinstimmende Helmnutzung, d.h. entweder trugen alle einen Helm oder gar keiner. Auch Constant et al. (2012) berichten, dass die beobachtete Helmnutzung mit der Ermutigung von Freunden und Familie stieg. Diese Ermutigung erlebten Probanden jedoch insgesamt recht selten.

---

<sup>40</sup> Finnoff et al. (2001), Otis, et al. (1992), Schreckenberg et al. (2005), Quine et al. (2001)

<sup>41</sup> Lajunen & Räsänen (2001), Schreckenberg et al. (2005), Quine et al. (2001)

<sup>42</sup> DiGuseppi et al. (1989)

<sup>43</sup> Gielen, et al. (1994), Hall, et al. (2004), Gielen, et al. (1998), Stevenson & Lennie (1992)

## 3.2.2 Edukative Maßnahmen

### 3.2.2.1 Ansätze edukativer Maßnahmen

„Edukative Maßnahmen“ dient als Oberbegriff für verschiedene Maßnahmen, die sich im Setting und in den vermittelten Inhalten unterscheiden. Unterschieden wird u.a. zwischen gemeindebasierten und schulbasierten Ansätzen. Bei gemeindebasierten Ansätzen finden Intervention sowie Evaluation in der Gemeinde statt, in der verschiedene Agenten – Lehrer, Sportclubs, Geschäfte, Freizeitzentren u.a. – gemeinsam auf eine Erhöhung der Helmtragequote hinarbeiten<sup>44</sup>. Bei schulbasierten Ansätzen hingegen erfolgt die Intervention primär in Schule und Klassenzimmer, auch wenn oft ein Transfer auf außerschulische Lebensbereiche im Interventionsprogramm angelegt ist. Eine weitere Möglichkeit ist es, Ärzte als Botschafter für die Helmnutzung zu gewinnen<sup>45</sup>. Die Gemeinsamkeit der Ansätze – und damit die Abgrenzung zu massenmedialen Kampagnen – liegt in der persönlichen Ansprache der Zielgruppe. Diese edukativen Ansätze richten sich fast ausschließlich an Kinder und Jugendliche.

Die Inhalte edukativer Maßnahmen sind sehr unterschiedlich. In erster Linie werden Radfahrer über die Folgen eines Unfalles mit Kopfverletzung, über die Schutzwirkung von Helmen und die korrekte Trageweise informiert. Dies geschieht bei der Zielgruppe Schüler z.B. über kindgerecht gestaltete Informationen in Broschüren, die gemeinsame Aufarbeitung dieser Informationen, über Videos oder über stark vereinfachte, anschauliche Demonstrationen (z.B. Analogie von Kopf und Ei), wie verletzlich der menschliche Schädel ist und wie ein Helm schützen kann<sup>46</sup>. Weitere Bausteine sind Übungen zum selbstbestimmten Auftreten, um sich dem möglichen Druck nicht helmtragender Peers widersetzen zu können, gemeinsame Zielvereinbarungen und Anreize bei Erreichen des Ziels<sup>47</sup>.

Neuere Ansätze verbinden die wissensbasierte Vermittlung zum Helmtragen mit Erlebniselementen die Spaß am Radfahren vermitteln, Vermittlung sicheren Verkehrsverhaltens über das Helmtragen hinaus und Trainings zur sicheren Beherrschung des Fahrrades.

Die meisten edukativen Ansätze, die schul- oder gemeindebasiert stattfinden, begnügen sich nicht mit einer vereinzelter Maßnahme, sondern schnüren Maßnahmenpakete, die über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden. Begleitet werden sie oft durch Preisnachlässe auf Fahrradhelme oder gar durch das Verschenken von Fahrradhelmen an bisherige Nichthelmträger. Anders ist es bei Interventionen, die ausschließlich auf eine ärztliche Ansprache setzen<sup>48</sup>. Diese bleiben in Umfang und Vielfalt hinter schul- und gemeindebasierten Ansätzen zurück.

### 3.2.2.2 Wirksamkeit edukativer Maßnahmen

Die derzeit aktuellste Metaanalyse der Cochrane Collaboration untersuchte die Wirksamkeit edukativer Maßnahmen zur Steigerung der Helmtragequote bei Kindern und Jugendlichen unter Ausschluss aller Studien, in denen eine Helmpflicht Bestandteil der Intervention war (Owen R. , Kendrick, Mulvaney, Coleman, & Royal, 2011). Die Ergebnisse zeigen, dass edukative Maßnahmen die Helmtragequote bei Kindern und Jugendlichen im Schnitt verdoppeln. Damit replizieren die Au-

---

<sup>44</sup> Farley, et al (1996), Rouzier & Alto (1995))

<sup>45</sup> Cushman, et al. (1991a), Cushman, et al. (1991b)

<sup>46</sup> Hall, et al. (2004), Lee, et al. (2000), Quine et al. (2001)

<sup>47</sup> Farley, et al. (1996), Hall et al. (2004), Logan, et al (1998), Van Houten et, al. (2007)

<sup>48</sup> Cushman, et al. (1991a), Cushman, et al. (1991b)



toren die Ergebnisse anderer Übersichtsarbeiten<sup>49</sup>. Gemeindebasierte Ansätze sind besonders erfolgreich und die Interventionen gerade bei jüngeren Kindern besonders wirksam. Offen bleibt die Frage, welche einzelnen Maßnahmen besonders geeignet sind, die Helmtragequote zu erhöhen. Sehr oft werden Maßnahmenbündel umgesetzt, und der unmittelbare Vergleich einzelner Maßnahmen ist höchst selten.

Nicht alle Maßnahmen sind wirksam und nicht immer zeigen anfänglich wirksame Maßnahmen langlebige Effekte. Wie eben bemerkt sind beispielsweise Interventionen, die auf die Ansprache von Familien mit Kindern durch Ärzte setzen, weniger wirksam<sup>50</sup>. Vermutlich waren Umfang, Vielfalt und Dauer dieser Interventionen zu gering. Logan, et al. (1998) und Winn, et al. (1992) beobachteten ein rapides Abfallen der Helmtragequote nach Ende des Interventionsprogramms. Das spricht für vielfältige, wiederholte und langfristige, d.h. mehrjährige Interventionsansätze.

Aufschlussreich sind besonders die Studien, die Aussagen darüber ermöglichen, welche Überzeugungen sich als Folge einer erfolgreichen Intervention ändern, wie z.B. die Studie von Quine et al. (2001). Die Autoren gestalteten kindgerecht aufbereitete Broschüren, die verhaltensrelevante Einstellungen auf- und Barrieren der Helmnutzung im Sinne der Theory of Planned Behaviour (TPB) abbauen sollte. Die berichtete Veränderung der Helmnutzung lag in der Kontrollgruppe (ohne Kenntnis des Broschüreninhalts) bei 0 %, in der Interventionsgruppe bei 25 %. Die begleitende Evaluation konnte zeigen, welche Einstellungsänderungen mit der Verhaltensänderung assoziiert waren. Keinen signifikanten Zusammenhang gab es zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe in der Überzeugung, dass ein Helm im Falle eines Unfalls den Kopf schützen würde. Dahingegen stiegen vor allem normative Überzeugungen. Die Befragten gaben an, dass ihre Eltern und andere Radfahrer von ihnen erwarteten, einen Helm auf dem Schulweg zu tragen. Die Autoren schließen daraus, dass die wahrgenommenen Erwartungen anderer womöglich einflussreicher sind als die eigenen Überzeugungen. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen von Constant et al. (2012) und Lajunen & Räsänen (2004).

### 3.2.3 Kampagnen zur Fahrradhelmnutzung

Zur Wirksamkeit massenmedialer Kampagnen zur Steigerung der Fahrradhelmnutzung liegen keine belastbaren Aussagen vor. Die vereinzelt Studien beschränken sich entweder auf eine Prozessevaluation, die die Bekanntheit von Kampagnenbotschaften in der Zielgruppe untersucht, oder sie können den beobachteten Anstieg der Helmtragequote nicht eindeutig auf die Kampagnen zurückführen. Ein Beispiel für eine Prozessevaluation ist die Studie von Klimmt et al. (2014). Die Autoren berichteten in der Kampagnenfortsetzung „Runter vom Gas“ eine starke mediale Unterrepräsentation der Kampagnenbotschaften bezüglich der Radhelmnutzung im Vergleich zu Verhaltensweisen wie Drängeln oder Alkohol am Steuer. Kausale Aussagen zur Kampagnenwirksamkeit sind nicht möglich, wenn Medienkampagnen lokale Kampagnen begleiten<sup>51</sup> oder wenn die beobachtete Helmnutzung nicht mit den Kampagnen verzahnt sind, sondern die alljährlichen Helmtragequoten neben die im gewählten Zeitraum durchgeführten Kampagnen gestellt werden<sup>52</sup>.

---

<sup>49</sup> Royal, et al. (2007), Russel, et al. (2011)

<sup>50</sup> Cushman, et al. (1991a), Cushman, et al. (1991b)

<sup>51</sup> Farley, et al. (1996), Rouzier & Alto (1995))

<sup>52</sup> Richard, et al. (2013)

International werden teilweise erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um mit Kampagnen die Helmtragequote zu erhöhen. Die folgenden Abbildungen zeigen einige Beispiele:



Abbildung 28: Abschreckende Kampagne "No Excuse - Wear a Helmet" in Boston 2012. (Boston Public Health Commission, 2012)

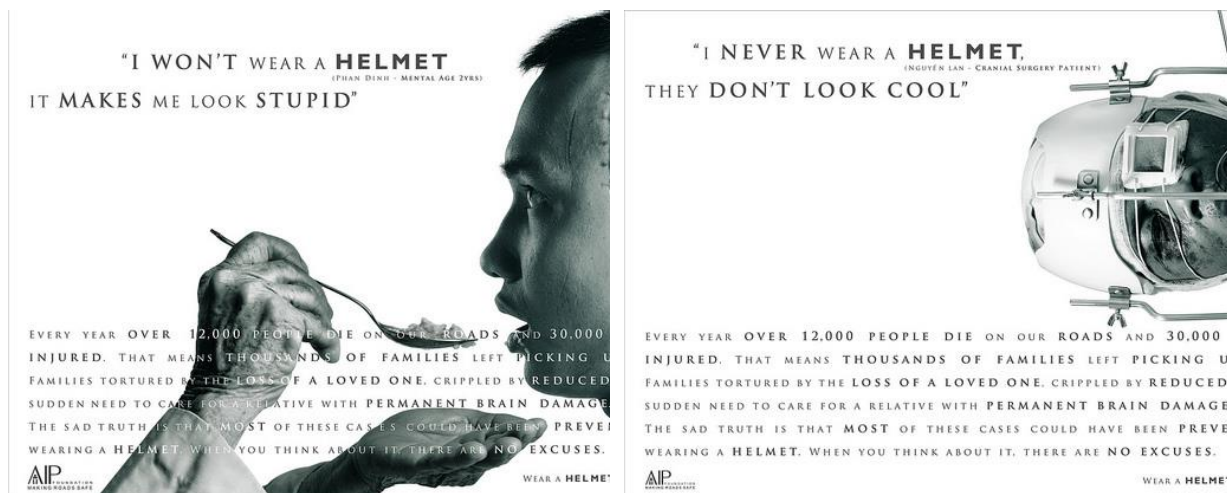


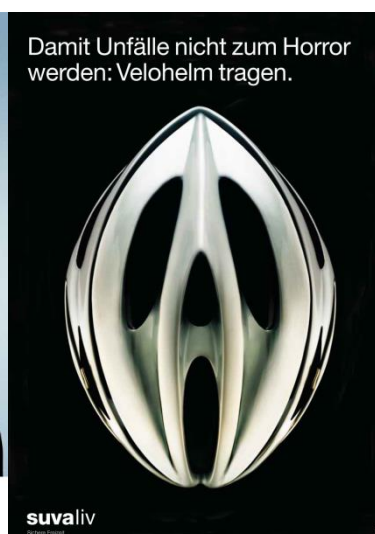
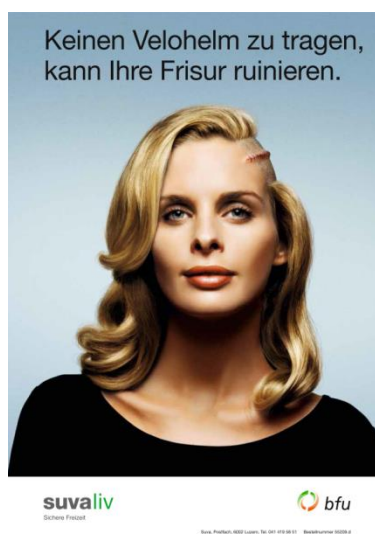
Abbildung 29: Stark abschreckende Plakatbotschaften der Asia Injury Prevention Foundation (AIP - Asia Injury Prevention Foundation, o. D.).



www.lovevelo.ch



Abbildung 30: Schweizer Kampagne "Love Velo - Immer mit Helm" zum richtigen Helmtragen aus dem Jahr 2013 (bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung, o. D.)



*Velohelm tragen. Oder beten.*



Abbildung 31: Schweizer Kampagnen aus dem Jahr 2004, 2005 und 2007 (von links nach rechts) mit leicht abschreckender Wirkung (Suva, o. D.).

Evaluationen dieser Kampagnen liegen nicht vor. Als indirekter Beleg für deren Wirksamkeit kann die Entwicklung der Helmtragequote herangezogen werden.

In der Schweiz wurden seit den 1990er Jahren jährlich und massiv massenmediale Kampagnen durchgeführt, um Radfahrer zu Helmnutzung zu bewegen. Dabei werden die Kampagnen seit einigen Jahren eher in Richtung zur Weckung positiver Emotionen und die Etablierung einer Selbstverständlichkeit des Helmtragens bzw. Etablierung eines positiv konnotierten Lifestyles, der durch Helmtragen signalisiert wird, orientiert, als auf Abschreckung.

Die Helmtragequote in der Schweiz stieg ab 1998 parallel zu den begleitenden kommunikativen Maßnahmen in den folgenden zehn Jahren von ursprünglich 8 % auf 31 % bei Erwachsenen und von 43 % auf 87 % bei Kindern (Illek & Mayer, 2013). Die Gesamthelmtragequote in der Schweiz ist in den letzten Jahren von 15 % im Jahr 1998 auf 50 % im Jahr 2016 gestiegen (bfu, 2016), wobei allerdings die Steigerungsraten seit 2006 zurückgegangen sind bzw. mehrere Jahre keine Steigerungen zur verzeichnen waren. Dies deutet darauf hin, dass auch bei Erwachsenen eine substantielle Zunahme allein mit den derzeitigen nichtlegislativen Maßnahmen möglich ist. Walter et al. (2012) diskutieren daher über innovativere kommunikative Strategien, wie z.B. partizipative Ansätze um Jugendliche, eine besonders schwer erreichbare Gruppe, anzusprechen, oder die Zusammenarbeit mit der Filmindustrie, um Sicherheitsthemen auch in Unterhaltungsprogrammen zu platzieren.

In Schweden startete 1990 ein umfassendes Sicherheitsprogramm, das regional und national Gesundheits- und Schulwesen, Polizei, Industrie und Behörden einband und verschiedene Programme (edukative Maßnahmen bei Kindern, Familien, und auch Ältere, vergünstigte Fahrradhelme, regionale Aktionen) zur Steigerung der Helmtragequote initiierte. Das ambitionierte Ziel des Programmes war es, in zehn Jahre die Helmtragequote auf 70 % (bzw. 90 % bei Kindern bis 12 Jahre) zu steigern. Die Ergebnisse blieben weit hinter den Erwartungen zurück. Die Helmtragequote stieg sichtlich über die Jahre, aber viel langsamer als erhofft. Bei Kindern bis 10 Jahren stieg sie von 20 % auf 50 %, bei Erwachsenen von ca. 2-3 % auf 12 %<sup>53</sup>.

2009 verschenkten Polizisten in Aalborg, Dänemark, unter der Losung „Verwende einen Helm, weil wir dich lieben!“ Helme und Umarmungen an Fahrradfahrer ohne Kopfbedeckung. Das dazugehörige YouTube-Video<sup>54</sup> sei binnen dreier Tage über 500.000 mal angeschaut worden (fairkehr GmbH, 2014).

Ein Nachweis der kausalen Zusammenhanges und eine wissenschaftlichen Evaluationen, welche Botschaften bei welcher Zielgruppe wirken, und inwieweit Anstiege in der Helmtragequote auf einzelne Maßnahmen zurückzuführen sind, liegt bisher nicht vor<sup>55</sup>. Wenn Kampagnen evaluiert werden, geht es fast ausschließlich um den Nachweis der medialen Erreichung der Zielgruppe. Daher existieren auch Kosten-Nutzen-Untersuchungen in diesem Bereich.

### 3.2.4 Social Marketing

Eine Studie von Ludwig, et al. (2005) sticht aus zwei Gründen hervor. Die Autoren wählten einen stark zielgruppenorientierten Ansatz, genannt „Social Marketing“, bei dem die Gestaltung einer

---

<sup>53</sup>Svanström, et al. (2002)

<sup>54</sup><https://www.youtube.com/watch?v=vWF4x01MkzE>

<sup>55</sup> Illek & Mayer (2013)

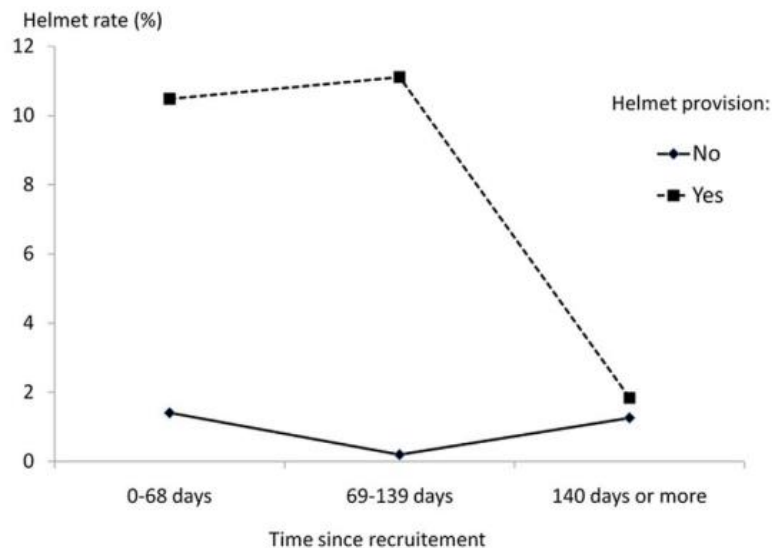
Kampagne völlig auf die Bedürfnisse der Zielgruppe zugeschnitten wurde. Die Kampagne richtete sich an College-Studenten. Sie banden die Zielgruppe aktiv in Gestaltung und Umsetzung der Kampagne mit ein. Die Bausteine der Kampagne waren ein in Fokusgruppen und Befragungen mit den Studenten entwickelter Kampagnenslogan, eine Broschüre mit Informationen bezüglich der Schutzwirkung von Helmen, ein schriftliches Kommittent zur Helmnutzung, ein Gutschein für einen kostenlosen Helm, und vor allem Studenten, die ihre Mitstudenten für die Teilnahme an dieser Aktion warben. Die Interventionen führten zu einem Anstieg der Helmtragequote von anfänglichen 26 % auf 49 %.

### 3.2.5 Kostenlose oder vergünstigte Helme

Das Verschenken oder die Rabattierung von Helmen soll Helme unmittelbar verfügbar machen bzw. der empfundenen Kostenhürde entgegenwirken. Es ist in erster Linie eine Maßnahme, die edukative Ansätze und Kampagnen begleitet und nicht ersetzt. Owen et al. (2011) berichteten in ihrem Review einen signifikanten Anstieg der Helmtragequote, wenn Helme verschenkt wurden. Die vermeintlich höhere Effektivität kostenloser Helme gegenüber vergünstigten Helmen ist aufgrund der Konfundierung mit anderen Studienmerkmalen kritisch zu beurteilen (Royal, Kendrick, & Coleman, 2005).

Die isolierte Wirkung des Verschenkens von Fahrradhelmen auf die Tragequote ist bislang kaum untersucht. Eine Ausnahme stellt die Studie von Constant et al. (2012) mit erwachsenen Radfahrern da. Die Autoren wiesen 1557 Probanden zufällig einer von vier Gruppen zu: Eine erhielt einen kostenlosen Fahrradhelm, eine zweite wurde schriftlich und mündlich über Statistiken zur Schutzwirkung von Helmen informiert, eine dritte erhielt beides und eine vierte weder Helm noch Information. Binnen des folgenden Jahres wurde die Helmnutzung der Probanden beobachtet. Die reine Information bezüglich der Schutzwirkung von Helmen zeigte zu keinem Zeitpunkt eine Veränderung gegenüber der Kontrollgruppe. Das Verschenken der Helme erhöhte die Helmtragequote gegenüber der Kontrollgruppe und der Informationsgruppe. Allerdings ist der beobachtete Effekt nur vorübergehend und nur sechs Monate später vollends nivelliert (Abbildung 32). Dies gilt auch für die Gruppe 3. Ein alleiniges Verschenken von Helmen ohne weitere Maßnahmen mit erprobter Wirksamkeit scheint daher nicht empfehlenswert.





**Figure 3. Helmet wearing rates in observed movements (N = 2621) as a function of time since recruitment and helmet provision at baseline.**  
doi:10.1371/journal.pone.0031651.g003

*Abbildung 32: Helmtragequote in zeitlicher Veränderung und Gegenüberstellung der Gruppen, die entweder einen Helm kostenfrei erhalten haben oder nicht (aus Constant, Messiah, Felonneau, & Lagarde, 2012, S. 5).*

### 3.2.6 Wirksamkeit alternativer Maßnahmen bei bestehender Helmpflicht

Es stellt sich die Frage, ob durch ein Zusammenwirken von gesetzlicher Helmpflicht und begleitenden edukativen Maßnahmen eine stärkere Steigerung der Helmtragequote gegenüber Einzelansätzen erreicht werden kann.

Unabhängig von vorangegangenen Durchsetzungsmaßnahme zeigte in Van Houten et al. (2007) ein schulbasiertes edukatives Maßnahmenpaket, das Information und Incentives bei Erreichen des selbstgesteckten Zieles bot, Wirkung. Die Helmtragequote stieg deutlich, wenn das Ausgangsniveau vorher gering war, und erreichte nahezu perfekte Helmtragequoten, wenn wegen eines früheren Enforcements bereits ein hohes Ausgangsniveau vorhanden war.

Denkbar, aber nicht belegt, ist, dass die bestehende Helmpflicht die Wirkung edukativer Maßnahmen verstärkte: Zum einen über eine Sensibilisierung und Normbildung, die andere Maßnahmen erleichtert, auch ohne dass explizit auf die Pflicht referenziert wird (wie z.B. bei Ludwig, et al., 2005). Die Beispiele aus Finnland und Schweden zeigen allerdings, dass es auch Beispiele gibt, bei denen kein Einfluss der Helmpflicht sichtbar ist (siehe Kap. 3.1.5, S. 73) .

Einzelne Studien zeigen, dass eine strenge Sanktionierung – wie z.B. das Beschlagnahmen der Fahrräder unbehelmteter Kinder – in Kombination mit dem Verschenken von Helmen und sicherheitserzieherischen Maßnahmen mit einem Anstieg der Helmtragequote um 45 % sehr wirksam ist. Die Bedeutung des Enforcements ist bislang nicht systematisch untersucht.

### 3.2.7 Zusammenfassung

Nichtlegislative Maßnahmen zeigen im Schnitt eine Verdoppelung der Helmtragequote. Gerade der langfristige Einsatz verschiedener edukativer Maßnahmen samt Vergünstigungen beim Helmkauf kann hocheffektiv sein, vor allem bei jüngeren Kindern. Auch landesweit sieht man beachtliche Erfolge intensiver Präventionsarbeit, wie z.B. eine Vervielfachung der Helmtragequote in der Schweiz und in Schweden binnen zehn Jahren. Ernüchternd wirkt, dass Veränderungen sehr lange brauchen, und dass die wirkungsvolle Ansprache von Erwachsenen weiterhin eine besondere Herausforderung darstellt.

Eine Helmpflicht scheint im Mittel der effektivere und auch schnellere Weg zur Erhöhung der Helmtragequote, auch wenn der Erfolg im Einzelfall hinter dem Erfolg alternativer Maßnahmen zurückbleiben kann. Der direkte Vergleich zwischen der Wirksamkeit alternativer Maßnahmen und einer Helmpflicht ist schon deswegen schwierig, weil alternative Maßnahmen in der Regel der Einführung einer Pflicht vorausgehen oder sie begleiten.

Ein beträchtlicher Anstieg der Helmtragequote durch alternative Instrumente scheint auch in Deutschland möglich, sofern der gemeinsame Willen, die notwendigen Mittel und ein langer Atem gegeben sind. Die bislang gängigen edukativen Maßnahmen und vergünstigen Fahrradhelme sind ein Baustein, massenmediale Kampagnen, die in ihrer Botschaft auf ihre jeweilige Zielgruppe abgestimmt sind, ein anderer. Kampagneninhalte müssen weit über die Betonung der Schutzwirkung von Helmen hinausgehen und die wahren Barrieren der Helmnutzung – allen voran ihr wahrgenommen schlechtes Image in der Peergruppe – adressieren. Dazu wird es auch innovativer Ansätze bedürfen, wie sie auch schon von Walter et al. (2012) angeregt wurden. Peerzentrierte Ansätze und die beiläufige aber womöglich durchaus wirkungsvolle Einbindung sicherheitsrelevanter Themen in die Unterhaltungsbranche.

Obwohl es in vielen Staaten Helmkampagnen gibt und teilweise mit hohem Aufwand vorangetrieben werden, gibt es bis heute keinen Beweis für ihre Wirksamkeit. Wenn Kampagnen evaluiert werden, geht es fast ausschließlich um den Nachweis der medialen Erreichung der Zielgruppe. Wegen dieses Fehlens des Nachweises sind auch keine Kosten-Nutzen-Untersuchungen möglich, die Voraussetzung für eine Abwägung, welche Maßnahme die geeignetste zur Erhöhung der Helmtragequote ist, sind.

## 4 Quantitative Berechnung der Wirkung einer Helmpflicht

Die Einführung einer Helmpflicht ist mit möglichen positiven Auswirkungen (Nutzen) und mit möglichen negativen Auswirkungen (Kosten) verknüpft (siehe Abbildung 1). Im Rahmen dieser Studie soll eine Kosten-Nutzen-Analyse angestellt werden. Für die Berechnung der Wirkung des Helmes wurde die Herangehensweise zur Berechnung des Nutzens schon dargelegt. Im Folgenden werden die zur Gesamtbewertung notwendigen weiteren Bestimmungsstücke vorgestellt.

### 4.1 Repräsentativen Telefonumfrage über Radnutzung, Helmnutzung und Verhalten bei Einführung einer Helmpflicht

Die quantitative Berechnung der Wirkung der Helmpflicht bedarf der Kenntnis sehr vieler Parameter, die aus der Literatur nicht alle abgeleitet werden können. Fehlende Parameter sind z.B. die auf die Kilometer bezogene Helmtragequote, das Helmtrageverhalten in Abhängigkeit der Fahrstrecke und Informationen über geändertes Verhalten der Fahrradfahrer nach einer möglichen Einführung einer Helmpflicht. Aus diesem Grunde wurde im Rahmen dieser Studie eine Telefonbefragung durchgeführt. Die Umfrage wurde von HFC in Abstimmung mit dem Auftraggeber konzipiert und ausgewertet. Die Interviews wurden von der Firma abs Marktforschung im Juni 2015 durchgeführt (siehe Tabelle 34).

Vor dem Start der Studie wurden mehrere Prätests durchgeführt. Auf Basis der Ergebnisse der Prätests wurden Anpassungen im Aufbau der Umfrage vorgenommen. Der vollständige Fragebogen befindet sich in Anhang 2 (S. 336).

*Tabelle 34: Übersicht über die Themen der Telefonbefragung.*

| <b>Themenkomplex</b>                    | <b>Inhalt</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Varianten einer Helmpflicht             | Akzeptanz<br>Compliance: Helmnutzung für verschiedene Fahrzwecke                                                                                                                                                                                                                     |
| Rückgang der Radnutzung bei Helmpflicht | Ausmaß für verschiedene Fahrzwecke<br>Ausgleich des Rückgangs durch andere körperliche Aktivitäten                                                                                                                                                                                   |
| Mobilitätsverlagerungen                 | Wechsel auf andere Transportmittel für verschiedene Fahrzwecke                                                                                                                                                                                                                       |
| Merkmale der Radfahrer                  | Nutzungscharakteristika: <ul style="list-style-type: none"><li>- Häufigkeit und Dauer der Radnutzung für verschiedene Fahrzwecke</li><li>- Helmbesitz</li><li>- Helmnutzung für verschiedene Fahrzwecke</li><li>- Fahrstil/Risikowahrnehmung (Geschwindigkeit, Erleben ge-</li></ul> |



---

fährlicher Situationen, Sicherheitsgewinn durch Fahrrad-  
helm)

Soziodemografie:

- Alter
  - Geschlecht
  - Umfeld
  - Kinder
- 

#### 4.1.1 Stichprobe

Die Stichprobe hat einen Umfang von 500 Personen zwischen 14-69 Jahren. Es wurden nur Radfahrer befragt. Um altersdifferenzierte Aussagen treffen zu können, mussten hinreichende Fallzahlen für Jugendliche (14-17 Jahre) einerseits und Senioren (60-69 Jahre) andererseits sichergestellt werden. In Anlehnung an die Ergebnisse des Sinus-Reports (2013) der die Soziodemografie der Rad fahrenden Bevölkerung in Deutschland darstellt, sollten etwa 10 Prozent der Probanden zwischen 14 und 17 Jahre, 76 Prozent zwischen 18 und 59 Jahre und 14 Prozent zwischen 60 und 69 Jahre alt sein.

Insgesamt nahmen 50 Jugendliche, 370 Erwachsene und 80 Senioren an der Telefonbefragung teil. Das mittlere Alter der Stichprobe liegt bei 45 Jahren (Standardabweichung: 15,6 Jahre). Es haben mehr weibliche (62 %) als männliche Personen (38 %) an der Umfrage teilgenommen. Die Nutzung von E-Bike- und Pedelecs wurde nicht abgefragt. Die Stichprobe war repräsentativ bezüglich der Altersklassen 14-17 Jahre, 18-59 Jahre und 60-69 Jahre. Die Befragung wurde bewusst in einen Monat mit erwarteter hoher Fahrradnutzung gelegt.

#### 4.1.2 Ergebnisse Radnutzung

Die Probanden wurden zu ihrer Radnutzung für fünf verschiedene Fahrzwecke befragt. Dies waren der Weg zur Arbeit, Schule oder Ausbildungsstätte (im Folgenden kurz Arbeitsweg genannt), die Nutzung des Fahrrads zum Einkaufen, für Erledigungen oder für Besuche bei Freunden oder Verwandten (kurz Erledigungen), Ausflugs- oder Freizeitfahrten mit dem Rad (kurz Ausflüge), Radfahren als sportliche Betätigung, z. B. als Rennradsport oder Mountainbiken, (kurz Sport) sowie die Radnutzung im Urlaub innerhalb Deutschlands (kurz Urlaub). Als sportliche Nutzung wurde in Abgrenzung zu Ausflugsfahrten die Nutzung des Fahrrads mit dem weit überwiegenden Ziel der körperlichen Betätigung definiert. Die Probanden sollten selbst einschätzen, welche Nutzung dazu gehört.

Zunächst gaben die Befragten an, ob sie das Fahrrad für die eben genannten Fahrzwecke verwenden. Hierbei zeigte sich, dass Radfahren auf Ausflügen am beliebtesten ist: 81 % der Probanden nutzen das Fahrrad (auch) für diesen Zweck (siehe Abbildung 33).

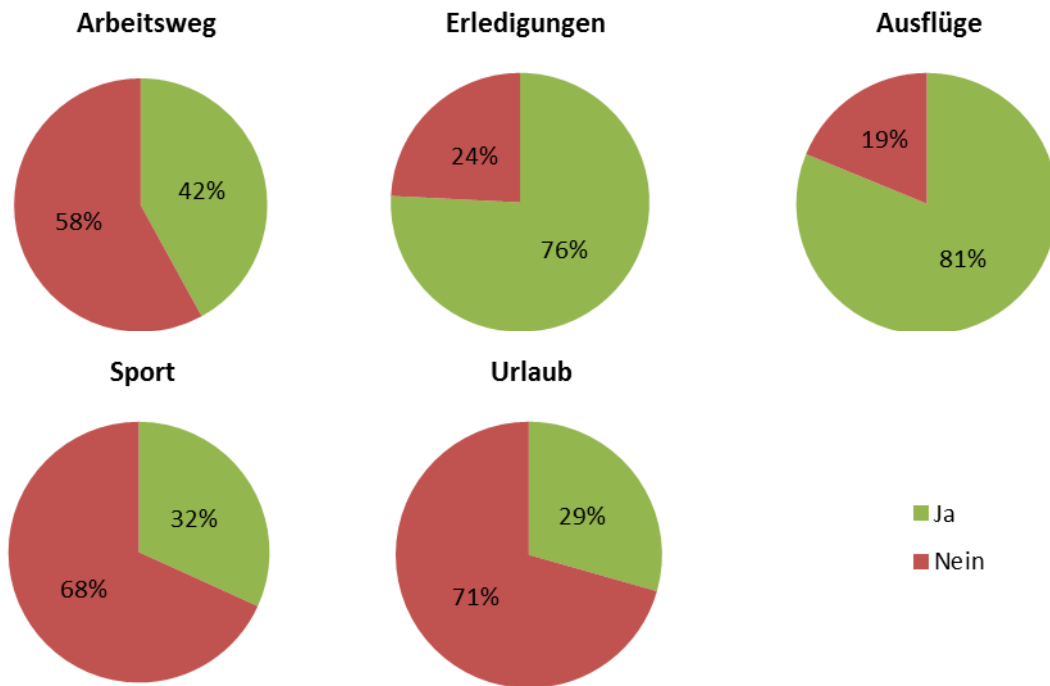


Abbildung 33: Nutzung des Fahrrads für die verschiedenen Nutzungszwecke.

Zum Vergleich benutzen gemäß dem Fahrrad-Monitor Deutschland 2015 (Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH, 2015) 76 % der Nutzer das Fahrrad für Ausflüge, 31 % als Sportmittel, 39 % zum Transport zur Arbeit oder zur Schule. Die Daten unterscheiden sich nur um wenige Prozent (3 %-6 %) von den Daten aus der hier durchgeführten Befragung.

Bei der Angabe der Nutzung des Fahrrads für einen der Fahrzwecke wurde weiter erfragt, wie viele Fahrten in einer typischen Woche (Arbeitsweg, Erledigungen), einem typischen Monat (Ausflüge, Sport) oder im letzten Jahr (Urlaub) für diesen Zweck unternommen wurden und wie lange diese durchschnittlich dauerten. Bei der Befragung wurde nach Zeiten und nicht nach Weglängen gefragt, weil Wegezeiten in der Regel besser geschätzt und erinnert werden können, als Wegelängen. Bei Vorbefragungen konnte die Mehrzahl der Befragten detaillierte Angaben über Wegezeiten machen, während die Wegelängen nur bei speziellen Fahrtzielen bekannt waren.

Bei Erledigungen wurde explizit nach der Häufigkeit von kurzen Fahrten (1-14 min), mittleren Fahrten (15-45 min) und langen Fahrten (> 45 min) gefragt. Als eine Fahrt galt Hin- und Rückfahrt gemeinsam (Arbeitsweg, Erledigungen) bzw. von Aufbruch bis Rückkehr (Ausflüge, Sport).

Pro Kopf wird im Mittel 21,7 Stunden pro Monat Rad gefahren (Ausschluss von Personen, für die für keinen der Fahrzwecke zeitliche Angabe vorliegen, N=476). Dabei entfallen 7,8 Stunden auf Ausflüge, 6,3 Stunden auf Erledigungen, 4 Stunden auf den Arbeitsweg, 3 Stunden auf den Sport und 0,6 Stunden auf den Urlaub. Bei dieser Berechnung wurden für Erledigungen jeweils die mittleren Werte für kurze (10 min), mittlere (30 min) und lange Fahrten (45 min) zugrunde gelegt, wodurch die Möglichkeit besteht, dass die Fahrzeit für diesen Fahrzweck über- oder unterschätzt wird. Um Werte für einen Monat als Bezugszeitraum zu erhalten, wurden jene vom Arbeitsweg und Erledigungen mit

dem Faktor vier multipliziert. Die Werte für den Urlaub wurden in Anlehnung an die Haupturlaubs-saison (fünf Monate) durch fünf dividiert, um daraus ein Monatsmittel errechnen zu können.

Im Folgenden wird dargestellt, wie viele Stunden für die verschiedenen Fahrzwecke in einem bestimmten Zeitraum Rad gefahren wird. Der Arbeitsweg wird von 86 Prozent der Befragten, die das Fahrrad auf Arbeitswegen nutzen, zwischen 0 und 4 Stunden pro Woche mit dem Fahrrad zurückgelegt (siehe Abbildung 34). 55 Prozent fahren zwischen 1 und 3 Stunden pro Woche Rad, was bei der Annahme einer 5-Tage-Woche einem täglichen Arbeitsweg (hin und zurück) zwischen 12 und 36 min entspricht.

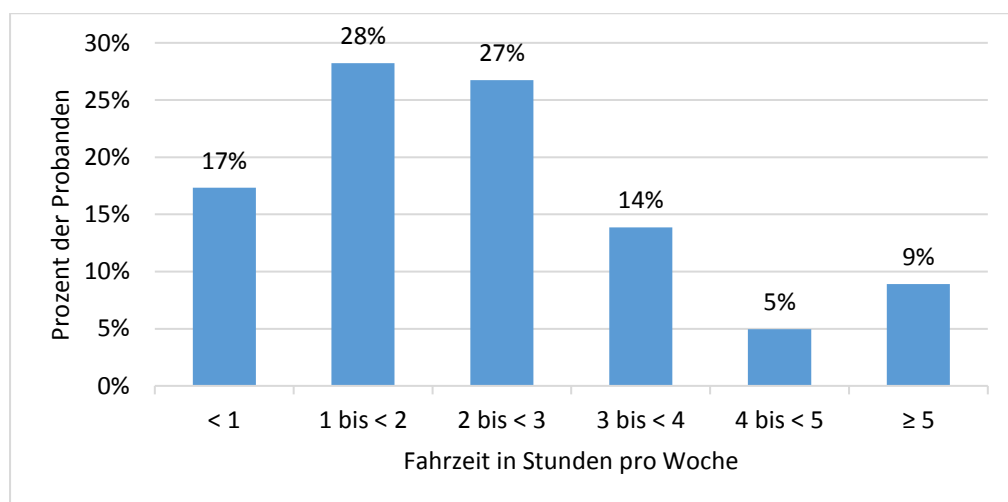


Abbildung 34: Dauer der Nutzung des Fahrrads für den Weg zur Arbeit, Schule oder Ausbildungsstätte pro Woche (N=202).

Die Häufigkeit der Nutzung des Fahrrads für Erledigungen wurde ermittelt, indem die Befragten für verschiedene Streckenlängen (1-14 min, 15-45 min, > 45 min) angeben sollten, wie häufig sie diese in einer typischen Woche zurücklegen. Am häufigsten wurde das Fahrrad für die kurzen Strecken, am seltensten für die langen Strecken eingesetzt (siehe Abbildung 35).

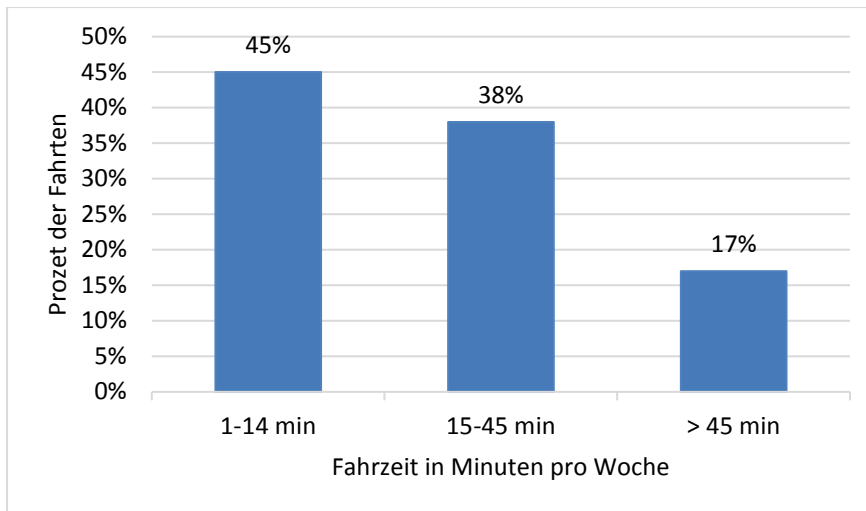


Abbildung 35: Häufigkeit der Nutzung kurzer (N=253), mittlerer (N=216) und langer (N=98) Fahrten zum Einkaufen, für Erledigungen oder für Besuche bei Freunden oder Verwandten pro Woche.

Wie oben beschrieben, wird die längste Zeit mit dem Fahrrad auf Ausflügen verbracht. 46 Prozent der Probanden, die das Fahrrad für Ausflüge nutzten, unternehmen pro Monat Ausflüge mit einer Gesamtlänge von unter 5 Stunden. Monatliche Fahrzeiten bis 20 Stunden für freizeitlich oder auf Ausflügen sind noch recht verbreitet. Längere Nutzungen sind selten (siehe Abbildung 36).

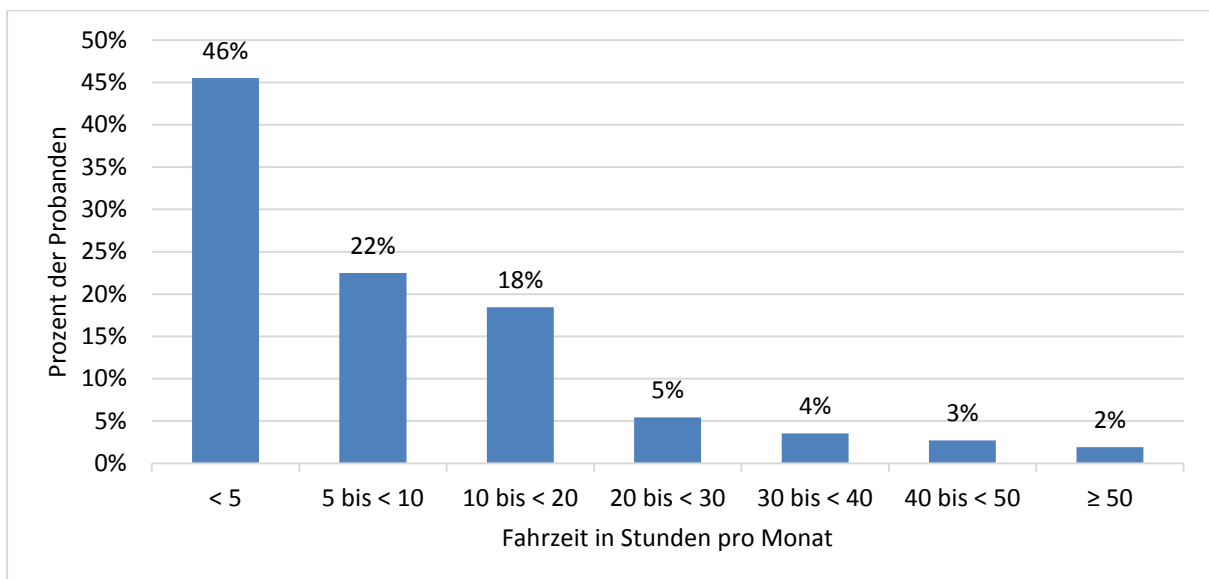


Abbildung 36: Monatliche Dauer der Nutzung des Fahrrads für Ausflugs- oder Freizeitfahrten (N=369).

Die meisten Personen, die das Fahrrad für sportliche Betätigung nutzen, fahren für diesen Zweck pro Monat weniger als 5 Stunden Rad (siehe Abbildung 37).

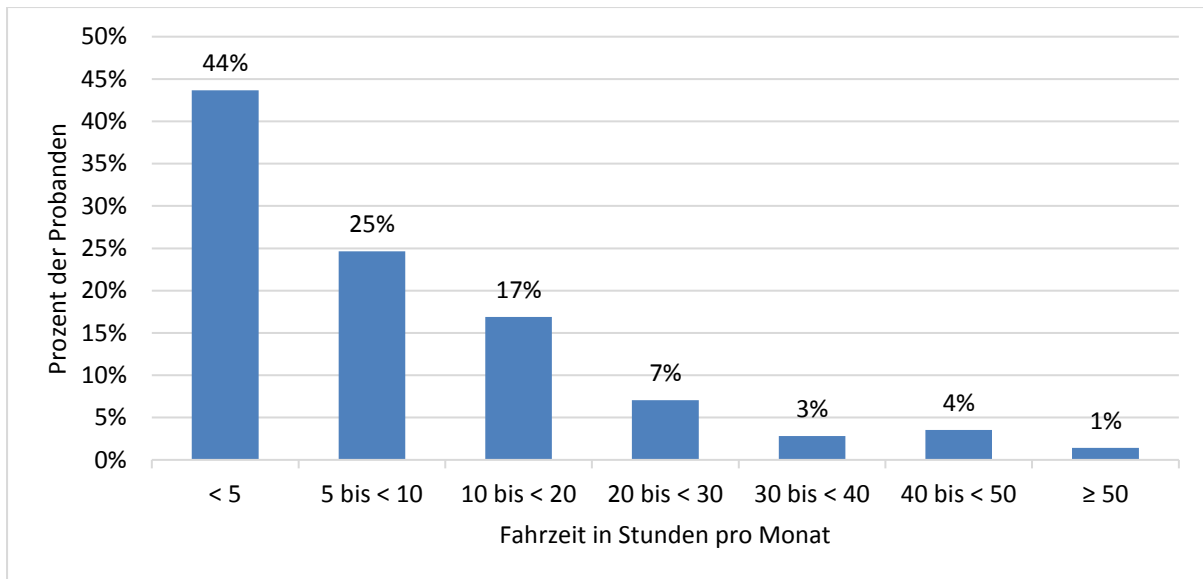


Abbildung 37: Monatliche Dauer der Nutzung des Fahrrads für sportliche Aktivitäten wie Rennradfahren oder Mountainbiken (N=142).

Der Bezugszeitraum zur Erfassung der Nutzung des Fahrrads im Urlaub innerhalb Deutschlands war das Jahr vor der Befragung (2014). Die meisten Befragten, die das Fahrrad im Urlaub nutzen, fuhren in einem oder in mehreren Urlauben zusammen weniger als 5 Stunden Fahrrad (siehe Abbildung 38). Dennoch wird relativ häufig auch bis 30 Stunden Fahrrad gefahren. Strecken zwischen 30 und 50 Stunden sind sehr selten<sup>56</sup>.

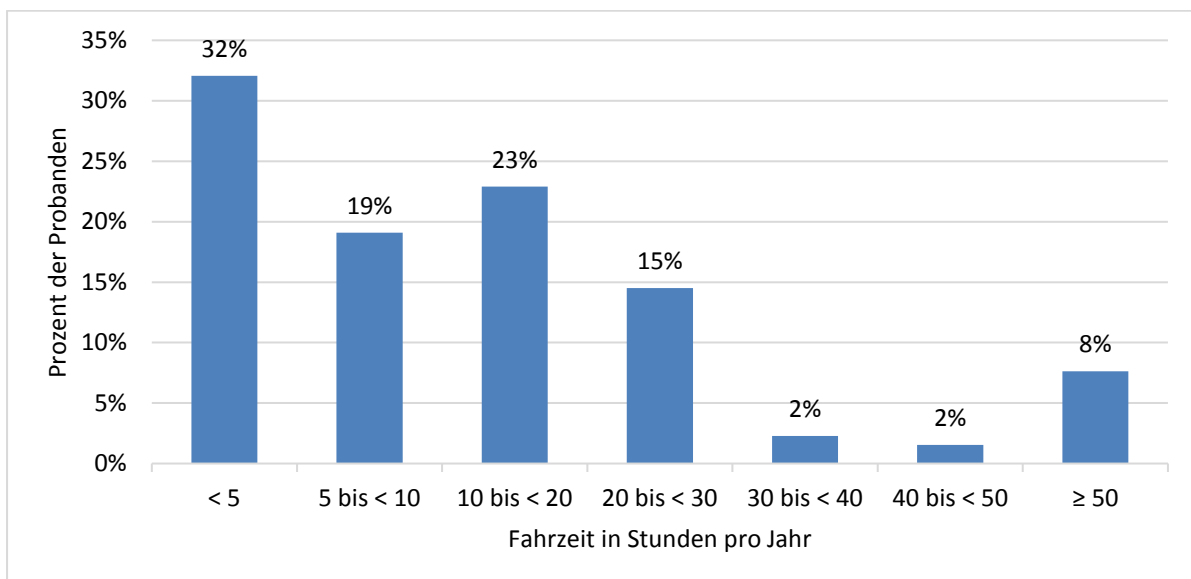


Abbildung 38: Häufigkeit und Dauer der Nutzung des Fahrrads im Urlaub innerhalb Deutschlands pro Jahr (N=131).

Abbildung 39 zeigt, in welchem Umfeld die Probanden hauptsächlich mit dem Fahrrad fahren. Ein Großteil (42 %) der Teilnehmer fährt in ländlichen Gegenden Fahrrad, nur 17 Prozent sind in der

<sup>56</sup> Die Rubrik >50 ist eine Zusammenfassung aller höheren Kategorien. Der höhere Wert bedeutet deshalb nicht, dass die langen Strecken häufiger gefahren werden.

Großstadt Rad fahrend unterwegs<sup>57</sup>. Diese Tatsache ist relevant für die Beurteilung der derzeitigen Helmtragequote, weil die offiziellen Statistiken der Bundesanstalt für Straßenwesen die Helmtragequote nur aus in Städten erfassten Daten ableitet (siehe Kap. 4.1.7.2, S. 129)

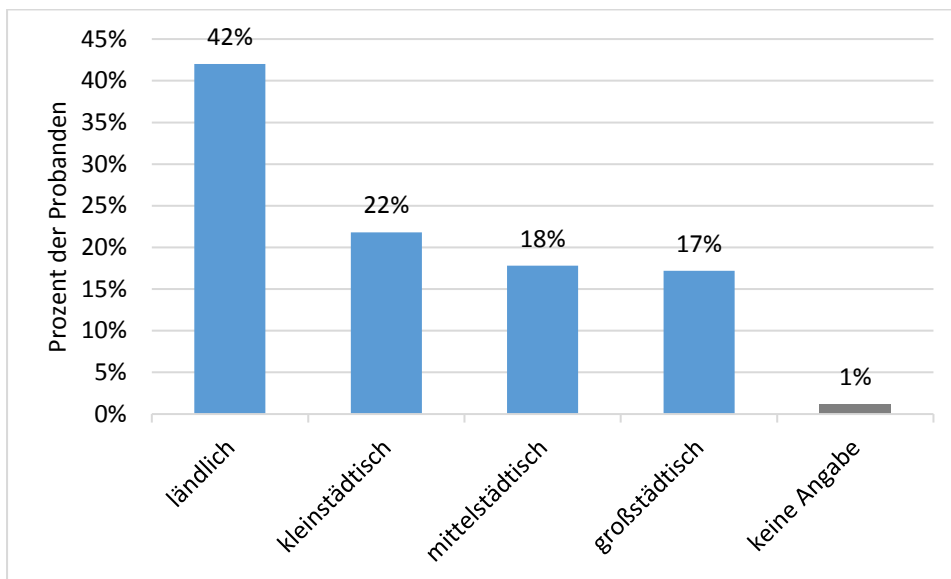


Abbildung 39: Häufigkeit des Umfelds, in dem die Befragten die meisten Fahrten mit dem Fahrrad zurücklegen (N=500).

### 4.1.3 Fahrstil, Risikowahrnehmung

Aus der Annahme heraus, dass viele Personen die gefahrenen Kilometer, die sie mit dem Fahrrad zurücklegen, nur schwer oder ungenau einschätzen können, wurde nach der Dauer des Radfahrens gefragt. Um dennoch eine Schätzung für die gefahrenen Kilometer für die Kosten-Nutzen-Analyse zu erhalten, war es nötig, die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit einschätzen zu können. Zur Erhaltung einer möglichst objektiven Einschätzung der Fahrgeschwindigkeit wurde den Probanden folgende Frage gestellt: „Was glauben Sie, wie andere Ihre Geschwindigkeit beschreiben würden, falls sie Sie beim Radfahren beobachten würden?“

Die meisten Befragten sind der Meinung, dass sie mit einer normalen Geschwindigkeit Rad fahren (siehe Abbildung 40). Nur wenige Personen beschreiben diese als langsam oder sogar als sehr langsam (lediglich 2 Personen). Etwa ein Fünftel der Stichprobe empfindet sich als schnelle Radfahrer.

<sup>57</sup> Im Jahr 2011 lebten 31% der Bevölkerung Deutschlands in Großstädten, 26,8% in Gemeinden unter 10.000 Einwohner, 50% in Gemeinden unter 30000 Einwohnern (deStat, 2016)

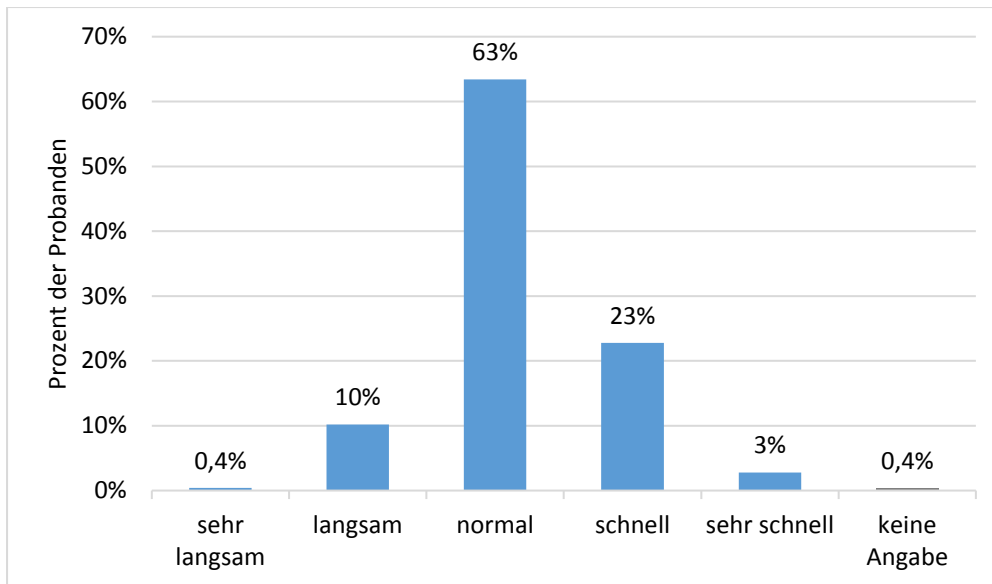


Abbildung 40: Einschätzung der eigenen Geschwindigkeit beim Radfahren (N=500).

Die Häufigkeit des Erlebens gefährlicher Situationen ist sehr unterschiedlich (siehe Abbildung 41). Es gibt sehr viele Personen, die diese gelegentlich erleben, jedoch auch zahlreiche, die nach eigener Einschätzung selten oder fast nie damit konfrontiert sind. Etwa 12 % sehen sich beim Radfahren sehr oft in Situationen, die sie als gefährlich empfinden.

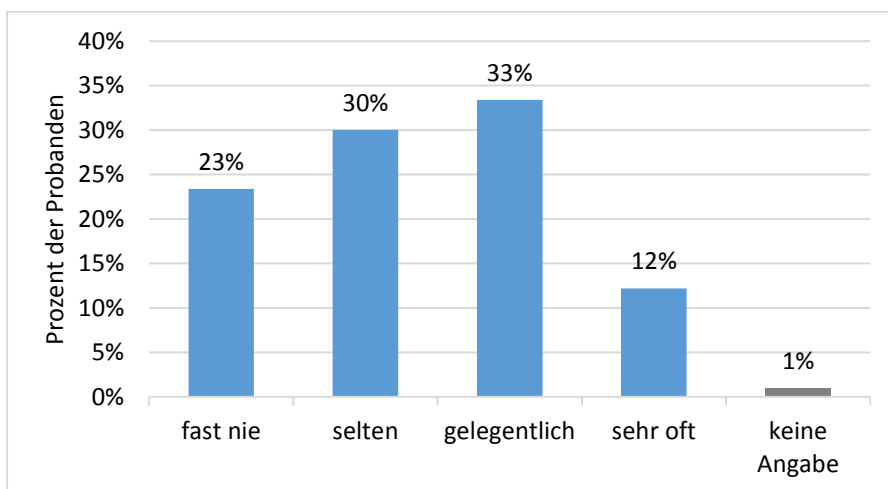


Abbildung 41: „Wie häufig erleben Sie Situationen beim Radfahren, die Sie als gefährliche empfinden?“ (N=500).

Betrachtet man das Erleben gefährlicher Situationen separat für das Umfeld, in dem hauptsächlich Rad gefahren wird, zeigt sich, dass dieses je nach Umfeld variiert. So erleben in ländlichen Gegenden nur 10 Prozent der Befragten sehr oft gefährliche Situationen; dreimal häufiger werden diese fast nie wahrgenommen (siehe Abbildung 42). Dieses Verhältnis verändert sich sukzessive mit zunehmender Stadtgröße. In Großstädten verspürten mehr Personen gelegentlich und sehr oft gefährliche Situationen (zusammen 61 %) als nur selten oder fast nie (zusammen 39 %).

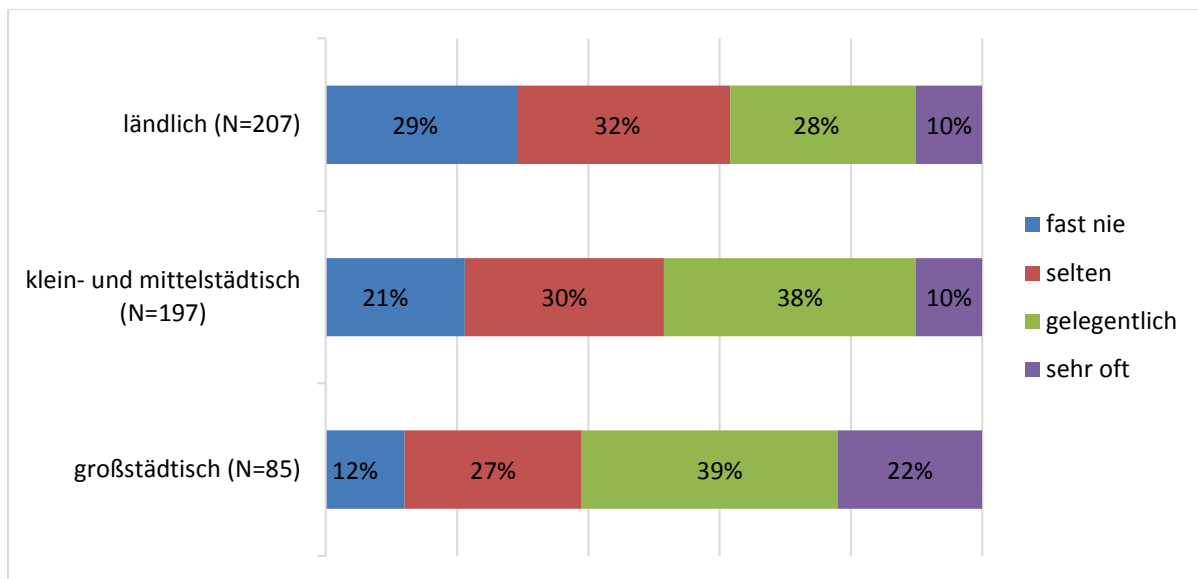


Abbildung 42: Häufigkeit des Erlebens gefährlicher Situationen, untergliedert nach dem Umfeld, in welchem die meisten Fahrten mit dem Fahrrad zurückgelegt werden (N=489).

Ebenfalls unterscheidet sich die Wahrnehmung gefährlicher Situationen in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Radnutzung. Zur Betrachtung dieses Zusammenhangs wurde die Stichprobe bezüglich ihrer Radnutzung (Fahrdauer) in eine Rangfolge gebracht und halbiert, sodass die eine Hälfte als Wenigfahrer und die andere als Vielfahrer bezeichnet werden kann. Die Halbierung erfolgte nach Ausschluss von Probanden, die bei mindestens einem Fahrzweck keine Angabe zur Fahrdauer machten. Die ungleichen Stichprobengrößen ergeben sich aus Enthaltungen von Probanden.

Die Vielfahrer fuhren im Mittel über fünf mal so lange Fahrrad wie die Wenigfahrer. Wie in Abbildung 44 zu erkennen ist, werden gefährliche Situationen häufiger erlebt, wenn mehr Rad gefahren wird. Wird häufiger gefahren, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, auf gefährliche Situationen zu stoßen. Allerdings nicht in dem Maß wie dies in Anbetracht der deutlich größeren Fahrleistung zu erwarten wäre. Zumal die Personen, die vermehrt Radfahren im Schnitt schneller fahren (siehe Abbildung 43).

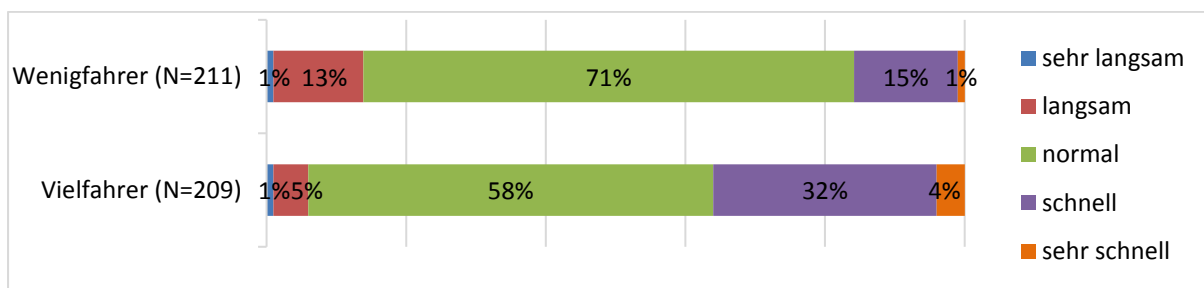


Abbildung 43: Geschwindigkeit des Radfahrens in Abhängigkeit von der Fahrdauer, unterteilt in Wenigfahrer und Vielfahrer.



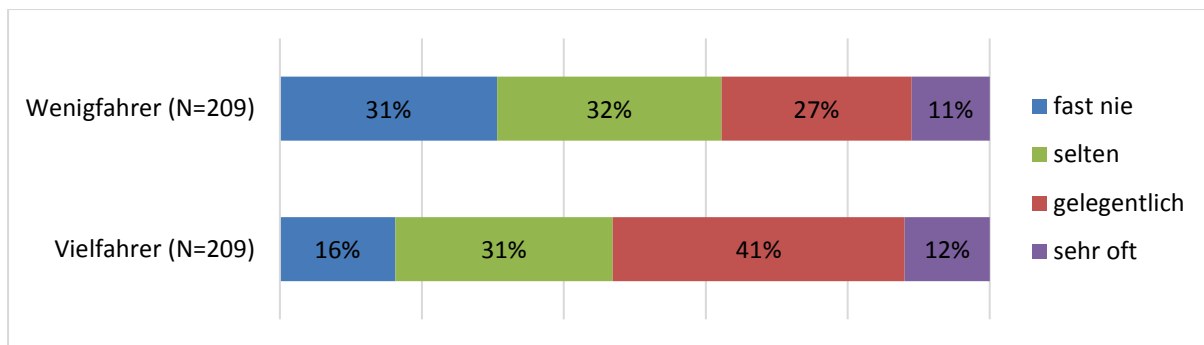


Abbildung 44: Häufigkeit des Erlebens gefährlicher Situationen in Abhängigkeit von der Fahrdauer, unterteilt in Wenigfahrer und Vielfahrer.

#### 4.1.4 Helmnutzung

Mehr als die Hälfte der Probanden gab an, einen Helm zu besitzen, jedoch tragen lediglich 30 Prozent diesen auch so gut wie immer (siehe Abbildung 45 und Abbildung 46).

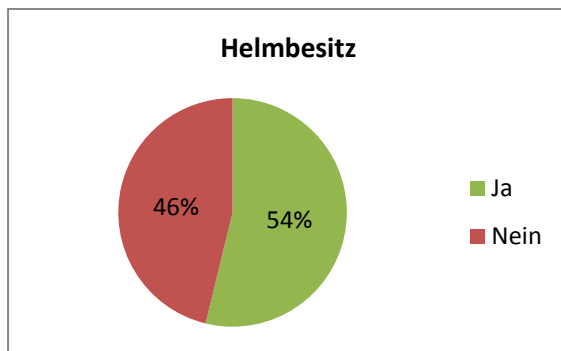


Abbildung 45: "Besitzen Sie einen Fahrradhelm?" (N=500).

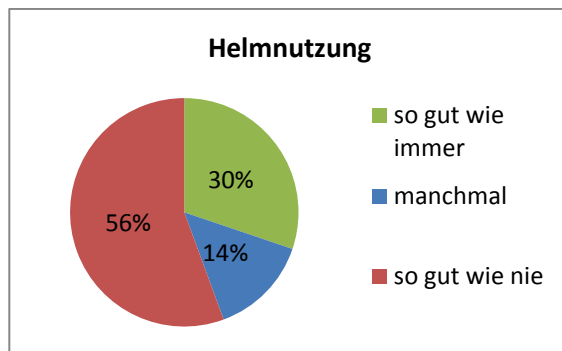


Abbildung 46: „Wie oft tragen Sie beim Radfahren einen Helm?“ (N=500).

Mehr Männer als Frauen gaben an, einen Fahrradhelm zu nutzen. So tragen 34 Prozent nach eigenen Angaben der männlichen Probanden so gut wie immer ein Helm und 48 Prozent so gut wie nie. Bei den Frauen waren dies 28 zu 60 Prozent (siehe Abbildung 47).

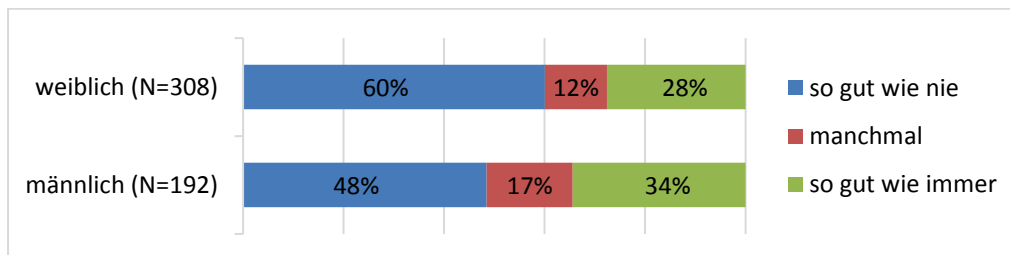


Abbildung 47: Häufigkeit der Helmnutzung, untergliedert nach Geschlecht (N=500).

Betrachtet man die Helmnutzung in verschiedenen Altersgruppen, zeigt sich, dass über alle Altersgruppen 30 % angeben, immer einen Helm zu tragen, die Hälfte der Jugendlichen, 45 Prozent der

Erwachsenen und 38 Prozent der Senioren angeben, manchmal oder immer einen Helm zu trägt (siehe Abbildung 48). Bei den Senioren ist der Anteil derjenigen, die nie einen Helm tragen, besonders hoch.

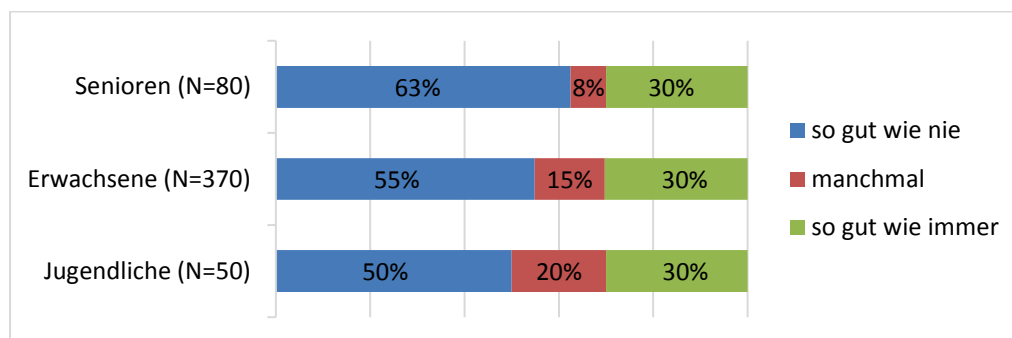


Abbildung 48: Häufigkeit der Helmnutzung, untergliedert nach Altersgruppen (Jugendliche = 14-17 Jahre, Erwachsene = 18-59 Jahre, Senioren = 60-69 Jahre, N=500).

Obgleich in dichter besiedelten Gegenden häufiger gefährliche Situationen erlebt werden (vgl. Abbildung 41), variiert die Häufigkeit der angegebenen Nutzung eines Fahrradhelms nur gering. Im ländlichen Bereich tragen nach eigenen Angaben 30 Prozent der Befragten so gut wie immer einen Fahrradhelm, in der Großstadt sind dies 33 Prozent (siehe Abbildung 49). Personen, die eigene Kinder haben, gaben geringfügig häufiger an, so gut wie immer einen Helm (33 %) zu tragen als kinderlose Personen (25 %, siehe Abbildung 50).

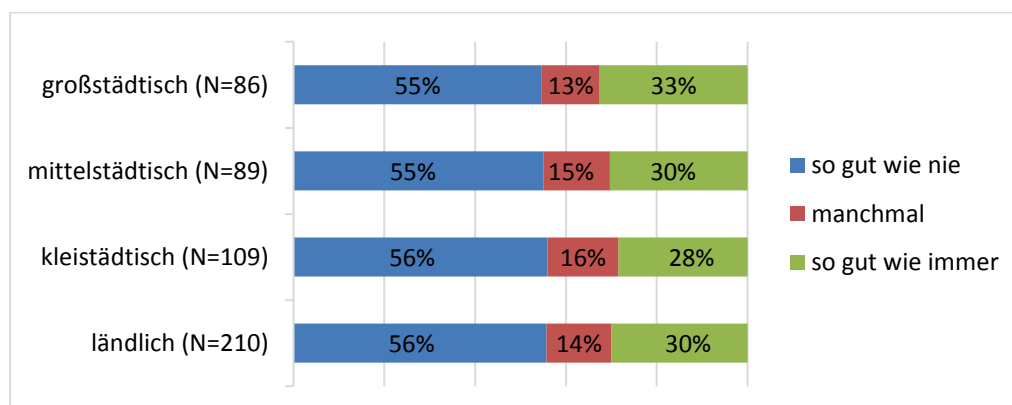


Abbildung 49: Häufigkeit der Helmnutzung, untergliedert nach dem Umfeld, im welchem die Probanden die meisten Fahrten mit dem Fahrrad zurücklegen (N=494).

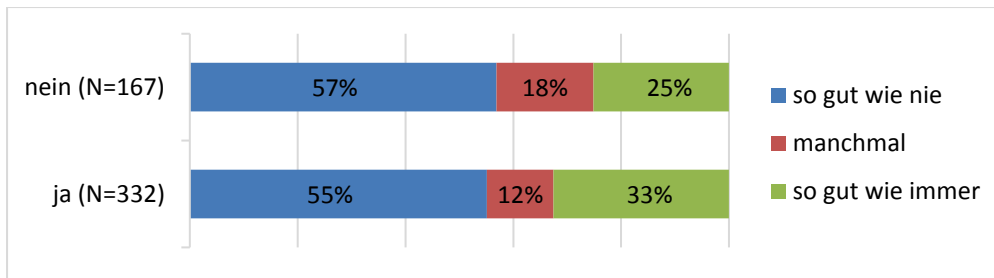


Abbildung 50: Häufigkeit der Helmnutzung, untergliedert danach, ob die Befragten eigene Kinder haben oder nicht (N=499).

Als Hauptgrund für die Nutzung eines Helms führten die meisten Personen (72 %) an, dass sie sich mit diesem sicherer fühlen. Als zweithäufigster Grund wurde die Vorbildfunktion für die eigenen Kinder genannt (18 %).

Die Gründe für das Fahren ohne Helm waren dagegen wesentlich vielfältiger (siehe Abbildung 51). Die meisten Personen gaben an, dass sie aus Gewohnheit keinen Helm tragen (17 %). Fast genauso viele Personen finden das Tragen eines Helms unangenehm. Weiterhin sahen 15 % keine Notwendigkeit in einem Helm. Begründet wurde dies zum Teil damit, dass sie nur selten Rad fahren, nur kurze Strecken absolvieren, keine öffentlichen Straßen benutzen oder ihn ihrer Meinung nach schlichtweg nicht benötigen.

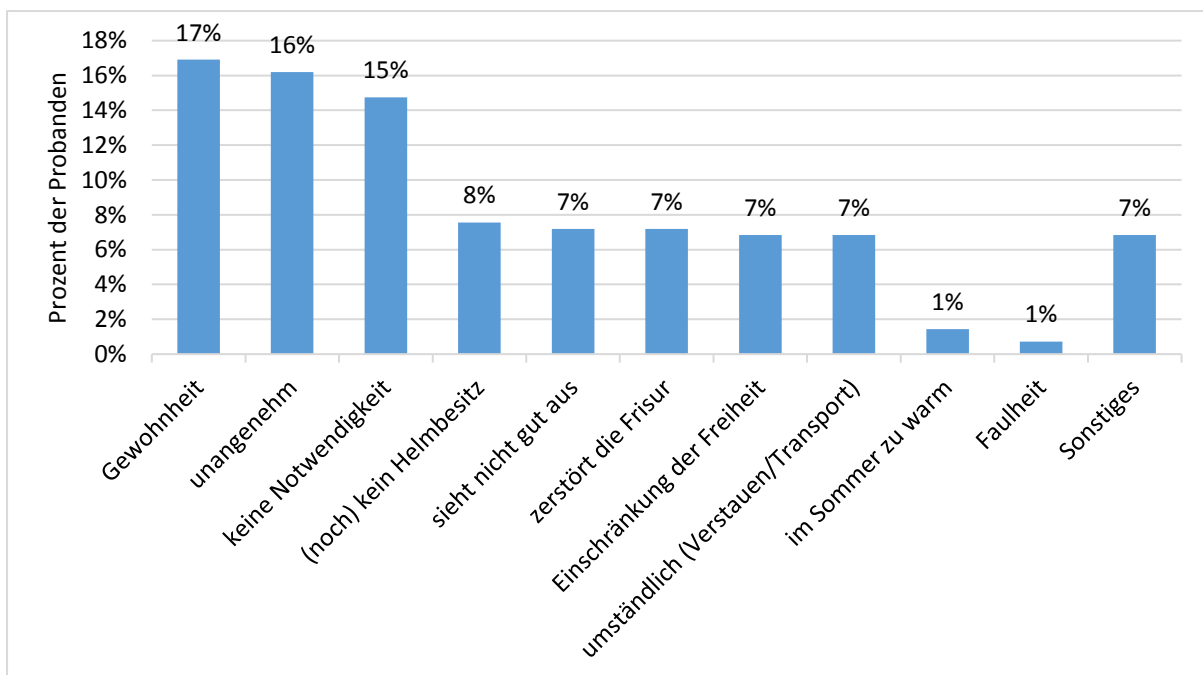


Abbildung 51: Gründe für das Fahren ohne Helm (N=257).

Obgleich 56 % der Befragten nach eigenen Angaben so gut wie nie einen Helm tragen, glauben 78 % der Befragten, dass ein Helm ihre Sicherheit beim Radfahren erhöhen würde (siehe Abbildung 52). Wie man erwarten kann, ist der empfundene Sicherheitsgewinn beim Radfahren durch einen Fahrradhelm bei den Vielnutzern des Helmes höher als bei den Wenignutzern. So geben 35 % der Pro-

banden, die keinen Helm tragen, an, dass sie mit Helm nicht sicherer unterwegs wären als derzeit (ohne Helm) (siehe Abbildung 53). Dieser Anteil sinkt bei jenen, die manchmal einen Helm tragen, weiter auf 13 %. Nur 2 % der Helmträger sind der Meinung, sie sind mit Helm nicht sicherer unterwegs als ohne.

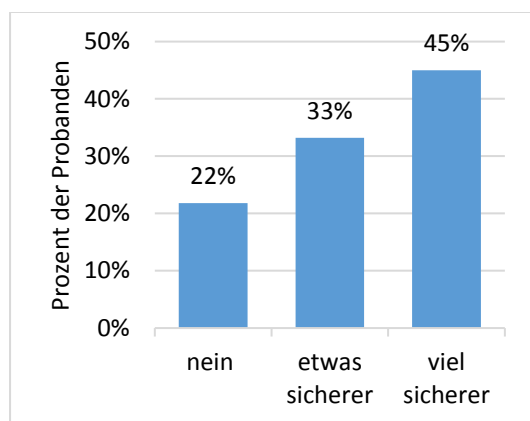


Abbildung 52: „Glauben Sie, dass Sie persönlich mit einem Fahrradhelm sicherer unterwegs sind bzw. wären als ohne?“ (N=500).

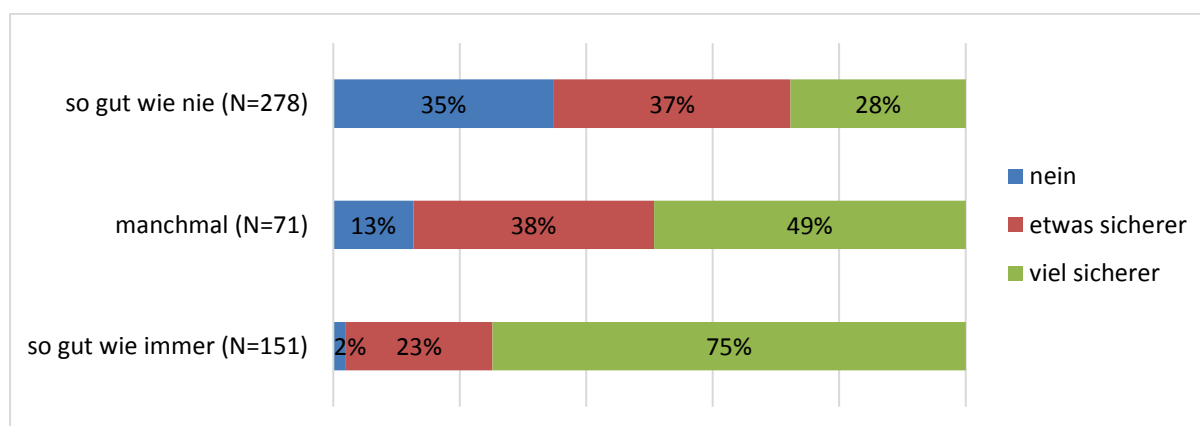


Abbildung 53: Empfundener Sicherheitsgewinn durch einen Fahrradhelm (nein, etwas sicherer, viel sicherer) in Abhängigkeit von der Helmnutzung (N=500).

Interessant ist auch die Betrachtung des Zusammenhangs zwischen dem empfundenen Sicherheitsgewinn durch einen Fahrradhelm und dem Erleben gefährlicher Situationen beim Radfahren. Die Hälfte der Personen, die fast nie gefährliche Situationen beim Radfahren wahrnehmen, glaubt nicht, dass sie mit Fahrradhelm sicherer unterwegs wären (siehe Abbildung 54). Bei Jenen, die selten solche Situationen erleben, beträgt der gleiche Anteil nur 15 %. Dagegen sind bei dieser Gruppe 39 % der Meinung, dass ein Fahrradhelm ihre Radnutzung sicherer macht bzw. machen würde. Dieser Anteil steigt weiter auf 59 %, wenn gefährliche Situationen gelegentlich oder sehr oft erlebt werden. Auffällig ist, dass es in der Einschätzung der Schutzwirkung der Helme zwischen den Personen, die sehr oft gefährliche Situationen erleben und denen die nur gelegentlich Situationen als Radfahrer als gefährlich wahrnehmen kaum Unterschiede gibt. Gelegentliche Wahrnehmung gefährlicher Situationen reicht offensichtlich aus, um das Sicherheitsbewusstsein zu verändern.

Es kann nicht entschieden werden, ob Personen, die bewusster gefährliche Situationen wahrnehmen, eher einen Helm tragen, oder ob helmtragende längere Strecken fahren und deshalb schon statistisch häufiger in gefährliche Situationen kommen.

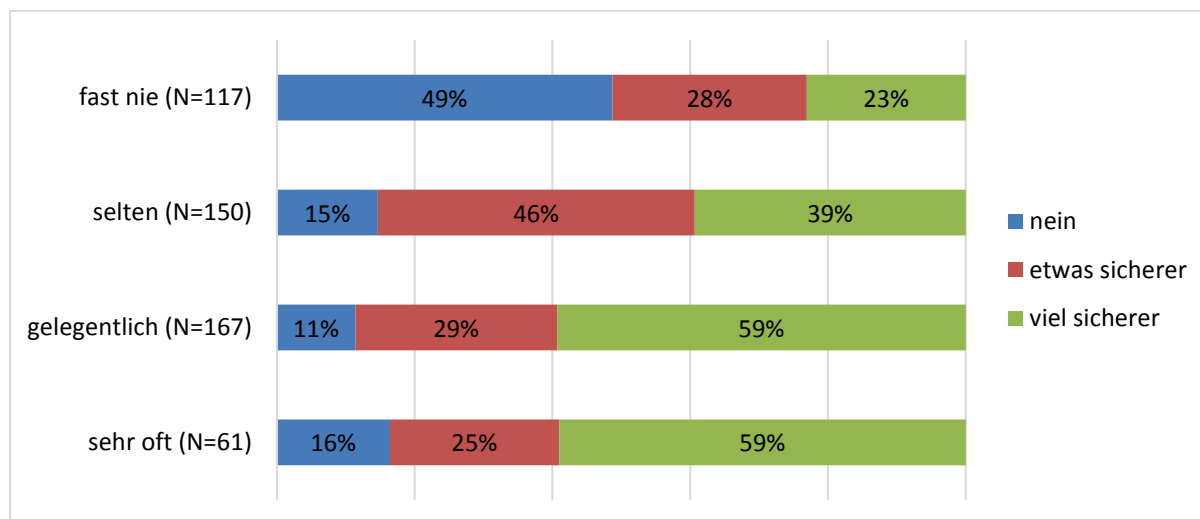


Abbildung 54: Empfundener Sicherheitsgewinn durch einen Fahrradhelm (nein, etwas sicherer, viel sicherer) in Abhängigkeit vom Erleben gefährlicher Situationen (N=495).

Die Häufigkeit der Nutzung eines Helms variiert je nach Fahrzweck und Fahrdauer. Zur Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Fahrzeit und Helmnutzung unabhängig vom Fahrzweck wird zunächst erneut die Unterteilung der Probanden in Wenigfahrer und Vielfahrer (siehe oben) herangezogen. Schon hier lässt sich erkennen, dass häufigeres Radfahren mit vermehrter Helmnutzung einhergeht (siehe Abbildung 55). So tragen zwei Drittel der Wenigfahrer so gut wie nie einen Helm und weniger als die Hälfte der Vielfahrer.

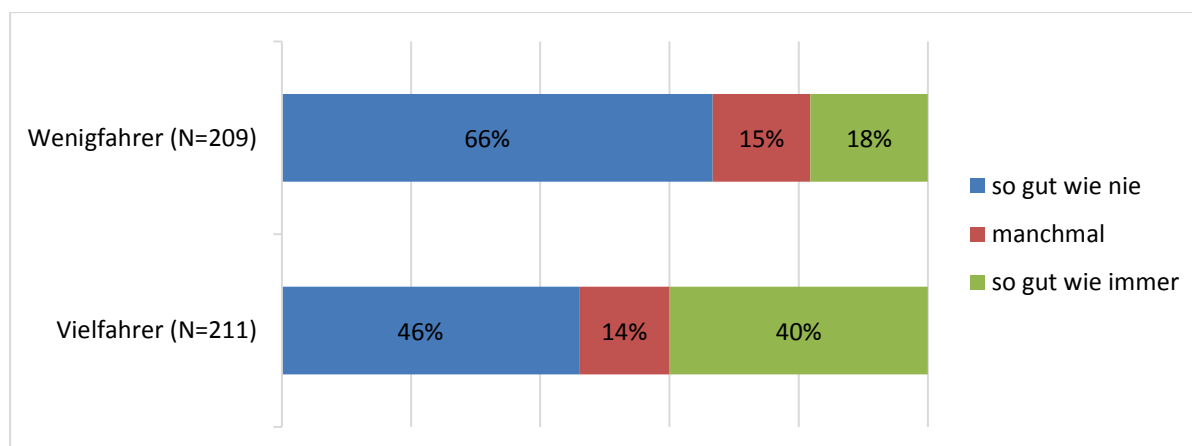


Abbildung 55: Helmnutzung in Abhängigkeit von der Fahrdauer, unterteilt in Wenigfahrer und Vielfahrer (N=421).

Zur genaueren Betrachtung wurden über alle Zwecke hinweg die Nutzungszeiten addiert. Auch hier wurden Personen ausgeschlossen, die bei mindestens einem Fahrzweck zwar angaben, dass sie das Fahrrad für diesen Zweck nutzten, aber keine Angabe zu ihrer Nutzungsdauer machten. Bei einer Radnutzung bis 20 Stunden pro Monat, also etwa 5 Stunden pro Woche, tragen deutlich mehr Per-

sonen nie einen Helm als immer oder manchmal (siehe Abbildung 56). Unten den Befragten mit 20 bis < 30 Stunden Fahrradnutzung pro Monat befinden sich nur noch geringfügig mehr Nicht-Helmträger (nie – immer) als Helmträger. Unten den Radfahren mit 30 bis < 40 Stunden monatlicher Radnutzung gibt es genauso viele Helmnutzer wie Nicht-Helmnutzer. Unter den Personen, die mehr als 40 Stunden pro Monat Rad fahren (etwa 10 Stunden pro Woche), sind vier Mal so viele „Immer-Helmträger“ als „Nie-Helmträger“ (3,3 % zu 0,7 %).

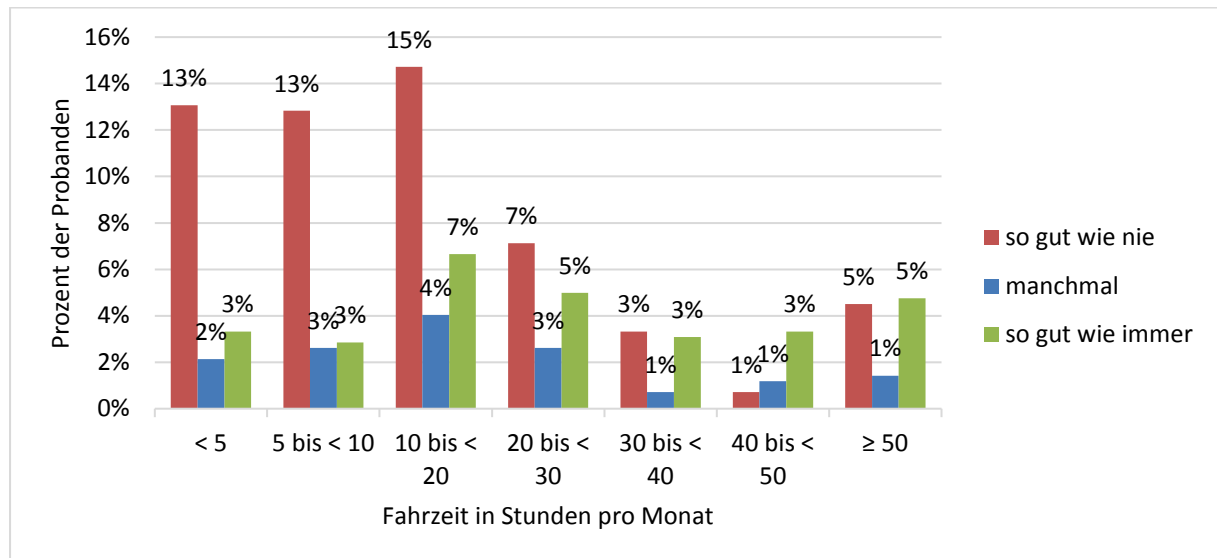


Abbildung 56: Helmnutzung nach Dauer des Radfahrens pro Monat (N=421).

Ab welcher Wegezeit häufiger ein Helm statt kein Helm getragen wird, variiert je nach Fahrzweck. Bei der Nutzung des Fahrrads für den Arbeitsweg liegt die kritische Wegezeit zwischen 4 und 5 Stunden pro Woche (16 bis 20 Stunden pro Monat, siehe Abbildung 57). Bei einer Nutzung von weniger als 4 Stunden pro Woche tragen nach eigenen Angaben mehr Personen nie als immer einen Helm. Dies kehrt sich ab 4 bis 5 Stunden pro Woche um.

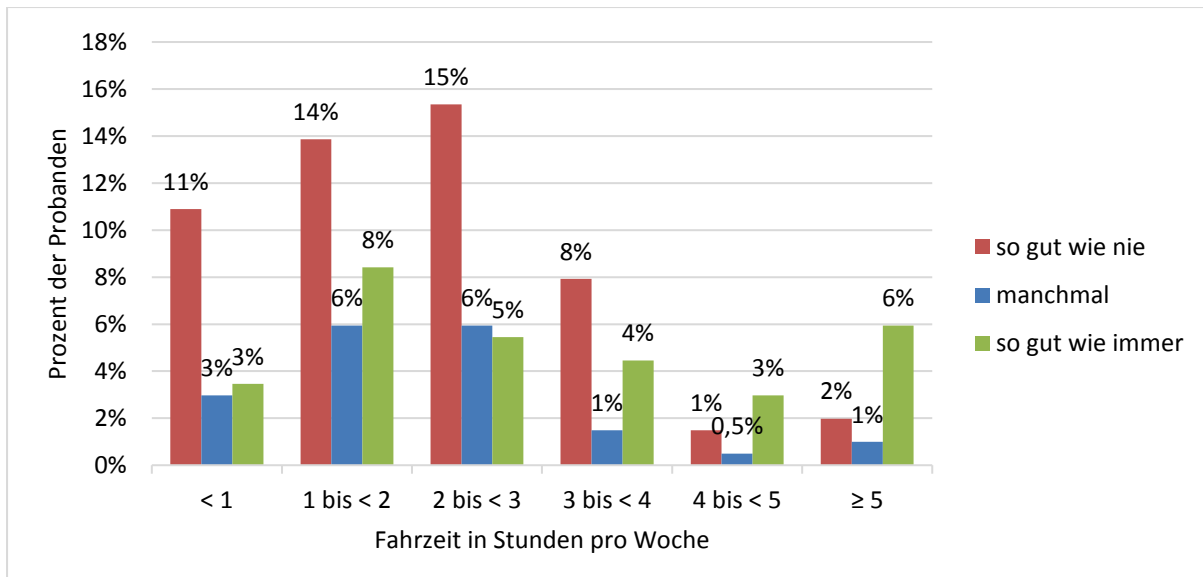


Abbildung 57: Helmnutzung auf dem Weg zur Arbeit, Schule oder Ausbildungsstätte nach Fahrzeit pro Woche (N=202).

Personen, die das Fahrrad nur im Umfang von weniger als 10 Stunden im Monat für Ausflüge oder Freizeitfahrten nutzen, tragen nach eigenen Angaben häufiger keinen Helm (siehe Abbildung 58). Bei 10 bis < 30 Stunden ist die Helmnutzung ausgeglichen; erst Personen, die über 30 Stunden im Monat auf Ausflügen Rad fahren, tragen eher einen Helm.

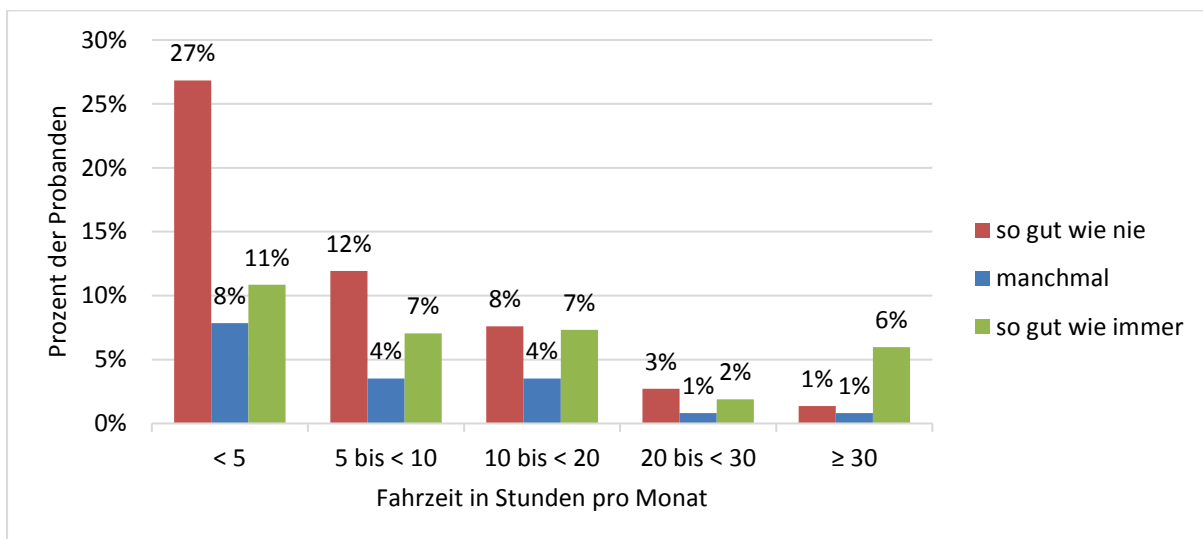


Abbildung 58: Helmnutzung auf Freizeit- und Ausflugsfahrten nach Fahrzeit pro Monat (N=369).

Beim sportlichen Radfahren (z. B. Rennradsport, Mountainbiken) kann keine eindeutige zeitliche Schwelle für die Nutzung eines Helms angegeben werden. Bei einer Fahrzeit von unter 5 Stunden im Monat tragen mehr Befragte so gut wie nie einen Helm (siehe Abbildung 59). Dies ist jedoch auch bei Fahrzeiten zwischen 10 und < 20 Stunden der Fall. Bei 5 bis < 10 und mehr als 20 Stunden wird ein Helm am häufigsten getragen.

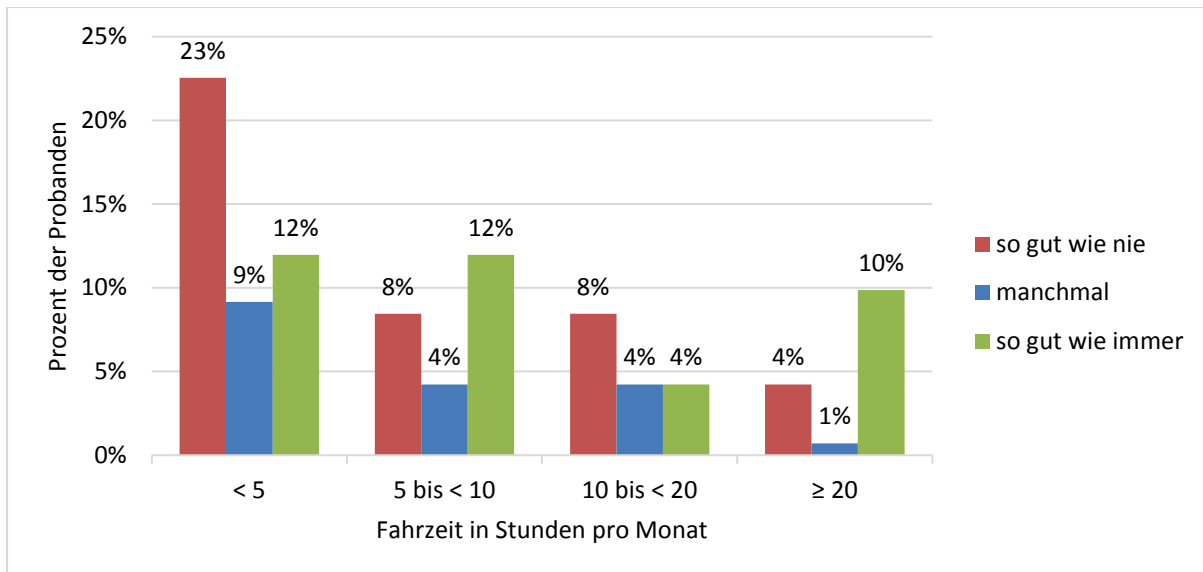


Abbildung 59: Helmnutzung beim sportlichen Radfahren nach Fahrzeit pro Monat (N=142).

Bei Urlaubsfahrten innerhalb Deutschlands überwiegt ab 20 und < 30 Stunden Radnutzung im Jahr (siehe Abbildung 60) die Helmnutzung. Bei unter 20 Stunden wird häufiger kein Helm getragen.

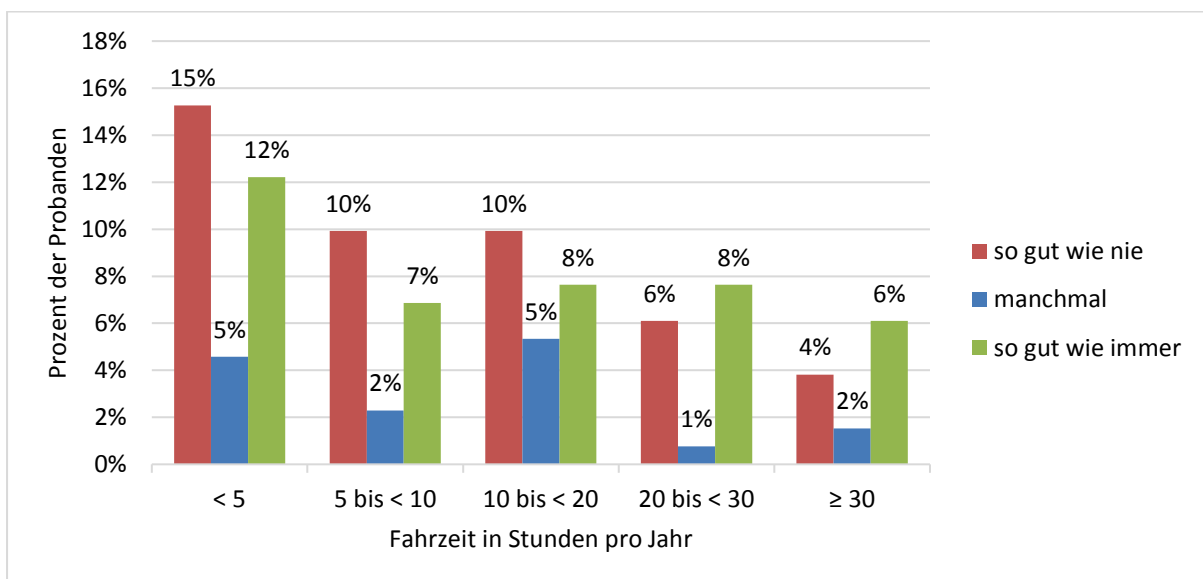


Abbildung 60: Helmnutzung bei Radfahrten im Urlaub innerhalb Deutschlands nach Fahrzeit pro Jahr (N=131).

Für die Nutzung des Fahrrads für Erledigungen lassen sich die Ergebnisse nicht wie für die anderen Fahrzwecke darstellen. Hier wurden die Probanden nicht nach Fahrzeiten gefragt, sondern sollten für unterschiedliche Gesamtfahrzeiten (1-14 min, 15-45 min, > 45 min) angeben, wie häufig sie diese fahren. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da der Fahrzweck Erledigungen verschiedene Zwecke vereint (z. B. Einkäufe, Arztbesuche, Besuche bei Freunden) und anzunehmen ist, dass die Streckenlängen hierfür mitunter stark variieren (vgl. Frage 1 bis 5 in Anhang 2, S.336). Den Ergebnissen zufolge tragen 14 Prozent der Befragten manchmal einen Helm (vgl. Abbildung 46, S. 105). Diese selektiven Helmnutzer wurden differenzierter nach ihrem Nutzungsverhalten gefragt: Sie sollten angeben, wie häufig sie den Helm für unterschiedliche Fahrzwecke tragen (fast nie, selten, 50/50, oft, fast immer).



Wie in Abbildung 61 zu erkennen ist, wird der Helm bei notwendigen Wegen (Arbeitsweg, Erledigungen) wesentlich seltener benutzt als bei Aktivitäten, die mit Freizeit und Spaß verbunden sind (Ausflug, Sport, Urlaub). Auf dem Arbeits-/Schul-/Ausbildungsweg tragen sechsmal mehr Personen „fast nie“ als „fast immer“ einen Helm. Bei Ausflügen, dem Sport und im Urlaub zeigt sich ein gegenteiliges Bild. Hier nutzen deutlich mehr Menschen einen Helm als keinen Helm. Beim Sport gibt es sogar keine Person, die den Helm nie oder auch nur selten trägt. Hier wird der Helm bei mindestens 50 % der Fahrten getragen. Bei den Erledigungen variiert das Bild, da diese nach unterschiedlichen Streckenlängen eingeteilt sind.

Im Folgenden soll die Nutzung für die verschiedenen Fahrzwecke für die Teilstichprobe der Personen, die manchmal einen Helm tragen, genauer betrachtet werden. Bei der Nutzung des Helms für den Arbeitsweg deutet sich an, dass bei weniger als 3 Stunden Fahrdauer pro Woche viele Personen fast nie oder nur selten einen Helm tragen.

Bei Radfahrten zum Einkaufen, für Erledigungen, Besuche bei Freunden und Verwandten überwiegt bei kurzen Strecken (1-14 min) das Fahren ohne Fahrradhelm (siehe Abbildung 61). Bei mittleren Strecken (15-45 min) wird relativ ausgeglichen fast nie, selten oder nur bei der Hälfte der Fahrten ein Helm getragen. Nur bei noch längeren Strecken ist die Häufigkeit der Nutzung nahezu gleich, wobei die Teilstichprobe mit lediglich 12 Personen sehr gering ist.

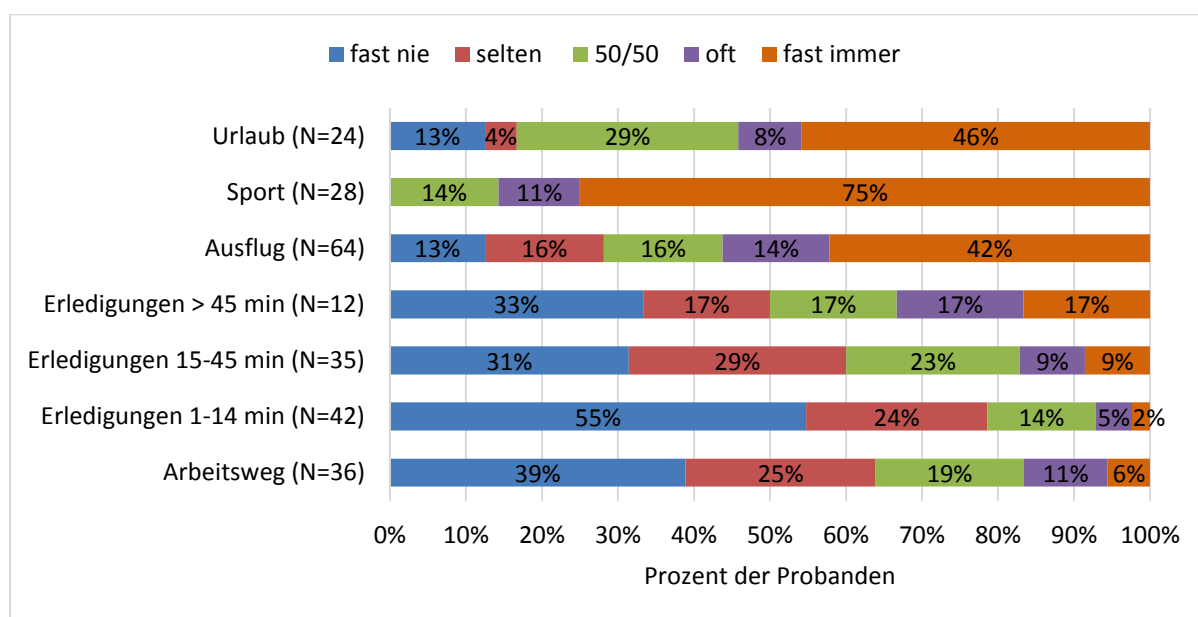


Abbildung 61: Häufigkeit der Nutzung des Helms für unterschiedliche Fahrzwecke von Personen, die **manchmal** einen Helm tragen (N=71).

Auf Ausflugsfahrten wird von den Radfahrenden die manchmal einen Helm nutzen unabhängig von der Fahrzeit pro Monat meist ein Fahrradhelm getragen (siehe Abbildung 62). Bei der Nutzung des Fahrrads als Sportgerät oder im Urlaub war eine Aufgliederung nach Fahrzeit aufgrund der geringen Teilstichprobe nicht zweckdienlich. Hier lässt sich zudem schon in Abbildung 61 erkennen, dass häufiger ein Helm als kein Helm getragen wird.

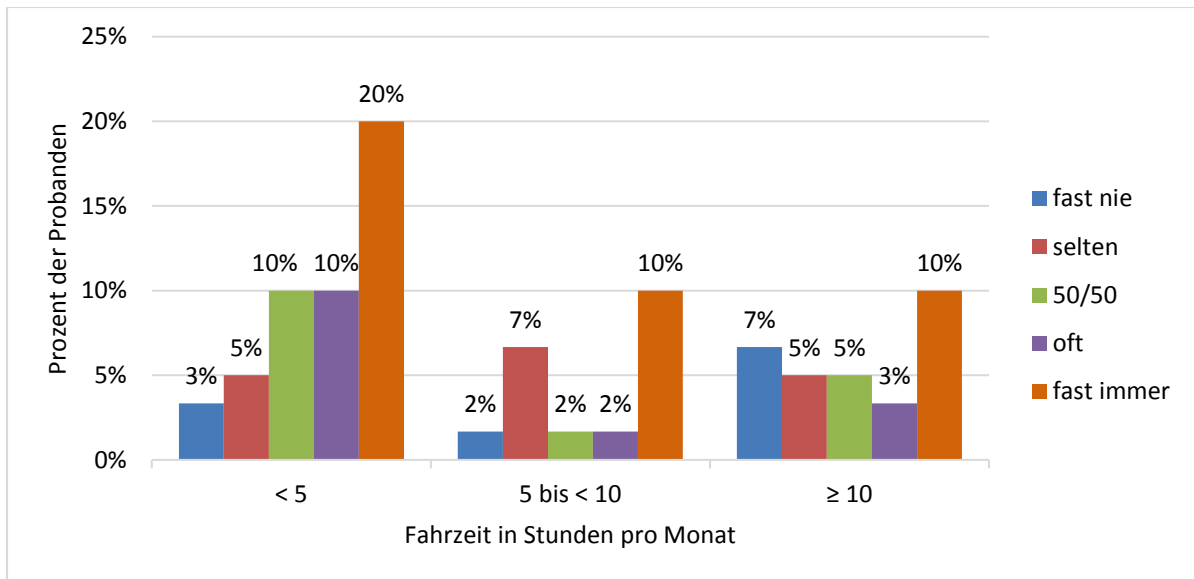


Abbildung 62: Häufigkeit der Nutzung des Helms bei Ausflugs- und Freizeitfahrten von Personen, die **manchmal** einen Helm tragen, nach Fahrzeit pro Monat (N=60).

In Abbildung 63 sind diese Helmtragequoten differenziert nach Fahrtzweck dargestellt. Hohe Helmtragequoten ergeben sich bei der Fahrradnutzung für den Sport oder für Ausflüge und Urlaub.

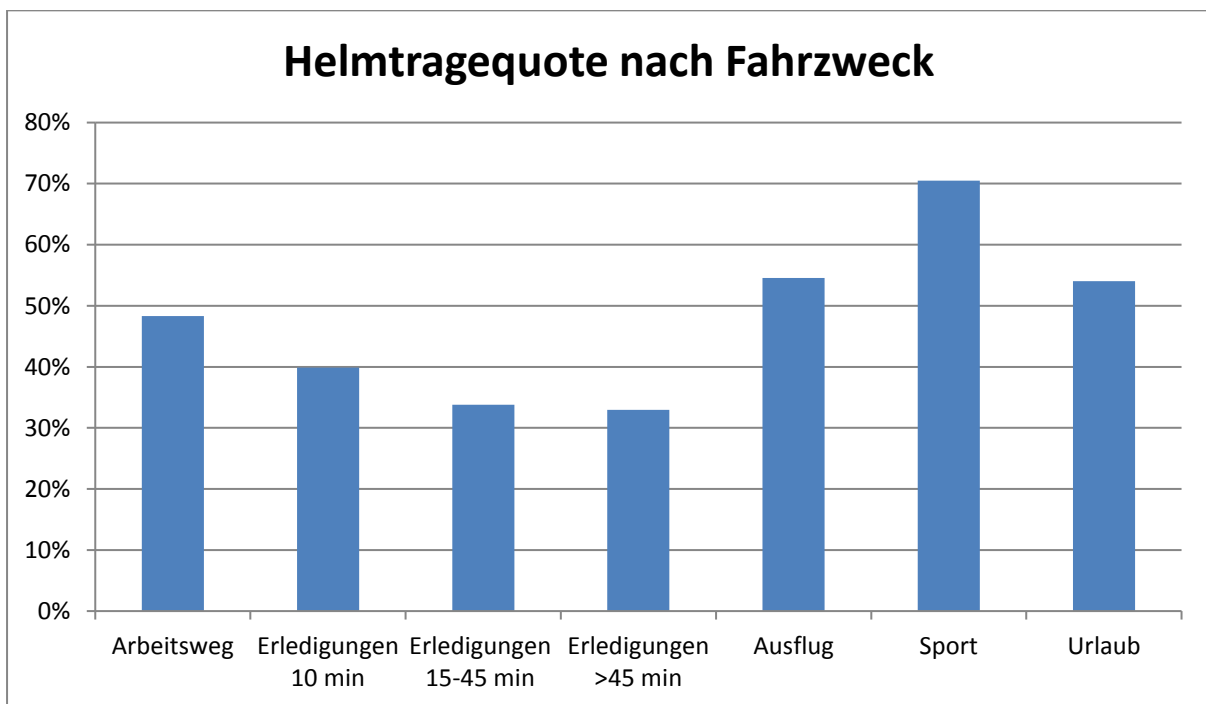


Abbildung 63: Auf die Kilometerleistung bezogene Helmtragequote nach Fahrtzweck.

Die Daten zeigen, dass längere Strecken häufiger als kürzere Strecken mit Helm gefahren werden. Dies wird deutlich, wenn man die Helmtragequote in Abhängigkeit der selbstberichteten Fahrleistungen darstellt. In Abbildung 64 sind die Helmtragequoten über klassierte monatliche Fahrleistungen dargestellt.

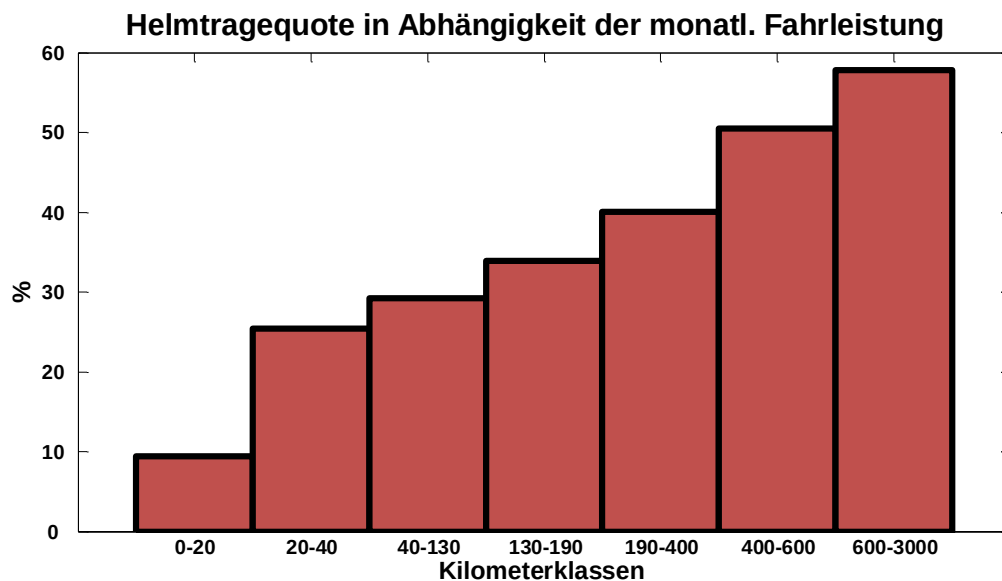


Abbildung 64: Abhängigkeit der Helmtragequote von der berichteten monatlichen Fahrleistung (N=472).

Je häufiger Personen beim Radfahren Situationen als gefährlich erleben, umso eher tragen sie einen Helm (siehe Abbildung 65). So tragen 80 % der Personen, die fast nie gefährlichen Situationen empfinden sind, so gut wie nie einen Helm. Werden solche Situationen selten erlebt, sinkt die Zahl auf 56 %. Sehen sich Personen sogar gelegentlich oder sehr oft in diesen Situationen, sinkt die prozentuale Anzahl von Personen ohne Helm weiter auf 43 % bzw. 44 %.

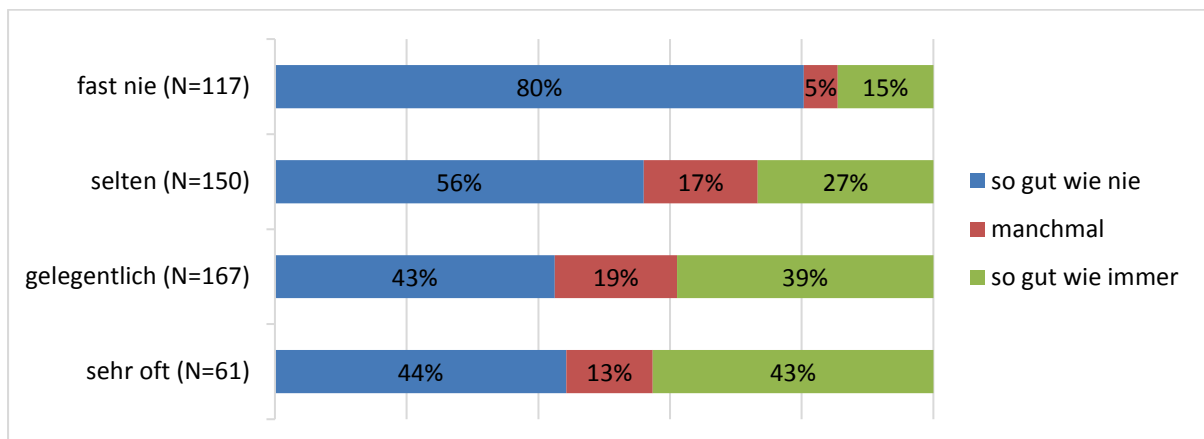


Abbildung 65: Helmnutzung (so gut wie nie, manchmal, so gut wie immer) in Abhängigkeit vom Erleben gefährlicher Situationen (N=495).

Keinen eindeutigen Zusammenhang gibt es zwischen der selbstberichteten Radfahrgeschwindigkeit und der Helmtragequote (siehe Abbildung 66).

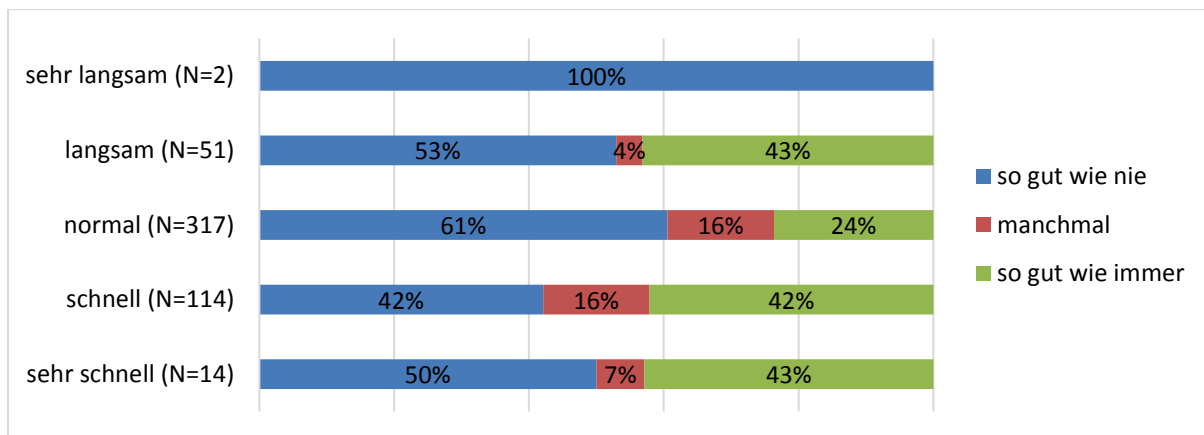


Abbildung 66: Helmnutzung (so gut wie nie, manchmal, so gut wie immer) in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Radfahrens (N=498).

#### 4.1.5 Verhalten bei Helmpflicht

Die Interviewteilnehmer wurden mit folgendem Szenario konfrontiert und nach ihrer Meinung zu diesem und ihrem Verhalten bei Eintreten von diesem befragt.

„Stellen Sie sich vor, in Deutschland wird eine Pflicht zum Tragen von Fahrradhelmen eingeführt. Die Pflicht gilt für alle Radfahrer sowie innerorts und außerorts. Ein Verstoß wird ähnlich geahndet wie beispielsweise das Fahren ohne Licht und das Fahren auf der falschen Straßenseite. Das Bußgeld beträgt 20 €. Das Tragen eines Fahrradhelms kontrolliert die Polizei genauso häufig wie andere Radverkehrsregeln, z.B. das Fahren ohne Licht.“

64 Prozent der Befragten fanden diese Art der Helmpflicht sinnvoll. Dies sind deutlich mehr als Personen, die immer oder manchmal einen Helm tragen (zusammen 44 %). Betrachtet man nur die Gruppe der Personen, die manchmal oder nie einen Helm tragen, die insgesamt 70 Prozent der Stichprobe ausmachen, empfinden auch hier noch 58 Prozent die vorgestellte Helmpflicht als sinnvoll.

Die Gruppe derjenigen, die manchmal oder nie einen Helm trägt, wurde nach ihrer möglichen Reaktion auf eine solche Helmpflicht gefragt. So gaben von den befragten Radfahrenden, die derzeit nie einen Helm tragen fast ein Drittel an, ihre Helmnutzung nicht ändern zu wollen, ein Fünftel würde danach häufiger und fast die Hälfte gesetzeskonform immer einen Helm tragen (siehe Abbildung 67). Von den Personen, die derzeit manchmal einen Helm tragen, würde ein Fünftel nach eigenen Angaben nichts ändern und über die Hälfte würde fast immer einen Helm tragen. Personen, die bereits vor Einführung einer gesetzlichen Helmpflicht mehr Helm tragen, würden die Helmpflicht also eher befolgen.

Weiterhin wurde in dieser Teilstichprobe das Radnutzungsverhalten bei Helmpflicht untersucht. Bei der Mehrheit der Befragten hätte die Helmpflicht keinen negativen Einfluss auf die Radnutzung – sie würden genauso häufig mit dem Rad fahren (siehe Abbildung 68). Personen, die derzeit so gut wie nie einen Helm tragen, gaben eher an, ihre Radnutzung einschränken zu wollen als solche, die bereits vor Einführung einer gesetzlichen Helmpflicht manchmal einen Helm tragen.

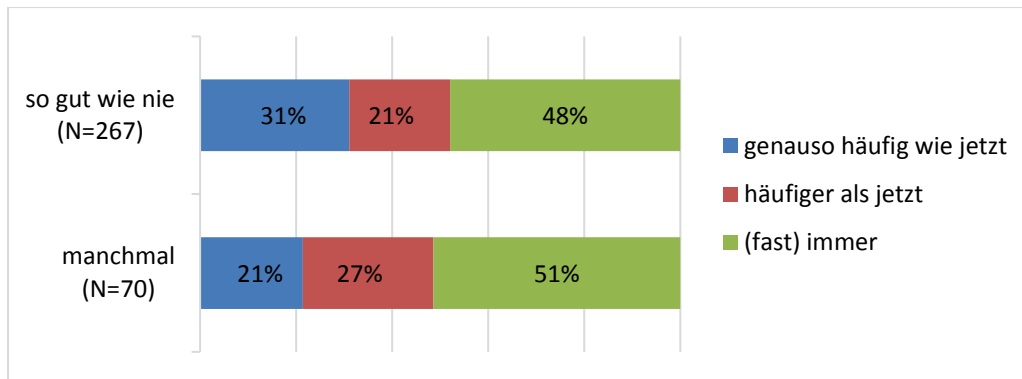


Abbildung 67: Intendierte/berichtete Veränderung der Helmnutzung („genauso häufig wie jetzt“, „häufiger als jetzt“, „fast immer“) bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen (N=337).

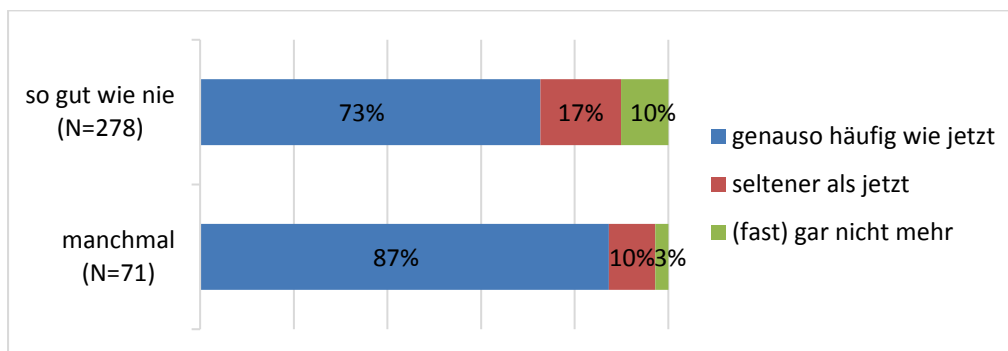


Abbildung 68: Intendierte Veränderungen der Radnutzung bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen (N=349).

Bei der Akzeptanz einer Helmpflicht zeigen sich Geschlechts- und Altersunterschiede. So gaben bei der Befragung mehr Männer als Frauen an, ihre derzeitige Helmnutzung nicht zu verändern (34 % im Vergleich zu 27 %, siehe Abbildung 69). Ältere Personen würden eher als jüngere gesetzeskonform handeln: 62 Prozent der Senioren würden bei Helmpflicht (fast) immer einen Helm tragen, dagegen nur 48 Prozent der Erwachsenen und 37 Prozent der Jugendlichen (siehe Abbildung 70).

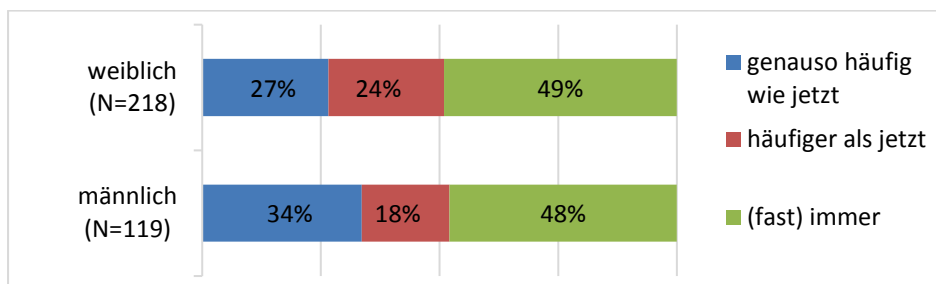


Abbildung 69: Intendierte/berichtete Veränderung der Helmnutzung bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen, untergliedert nach Geschlecht (N=337).

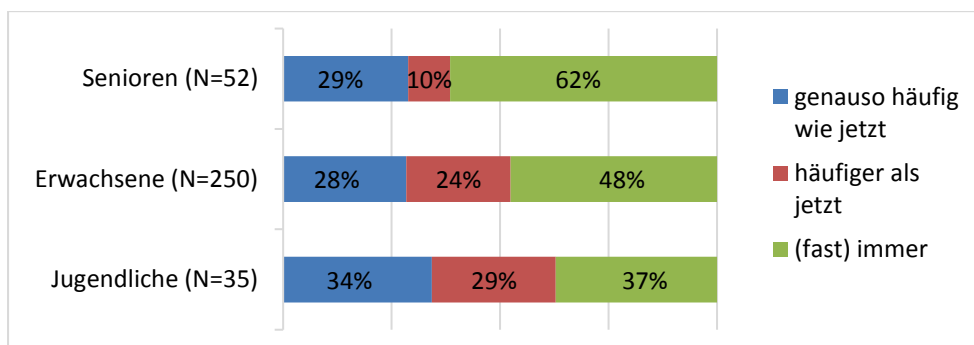


Abbildung 70: Intendierte/berichtete Veränderung der Helmnutzung bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen, untergliedert nach Altersgruppen (Jugendliche = 14-17 Jahre, Erwachsene= 18-59 Jahre, Senioren = 60-69 Jahre, N=337).

Passend zur Änderung der Helmnutzung bei Helmpflicht gaben mehr Männer als Frauen an, bei Einführung eines Gesetzes (fast) gar nicht mehr Fahrrad fahren zu wollen (10 % im Vergleich zu 8 %, siehe Abbildung 71). Ein Drittel der Senioren würde danach das Radfahren aufgeben (23 %) oder seltener fahren (9 %, siehe Abbildung 72). Auch viele Jugendliche würden weniger als derzeit Rad fahren (29 %). Die meisten Erwachsenen würden sich von einer Helmpflicht nicht in ihrer Radnutzung beeinflussen lassen (78 %).

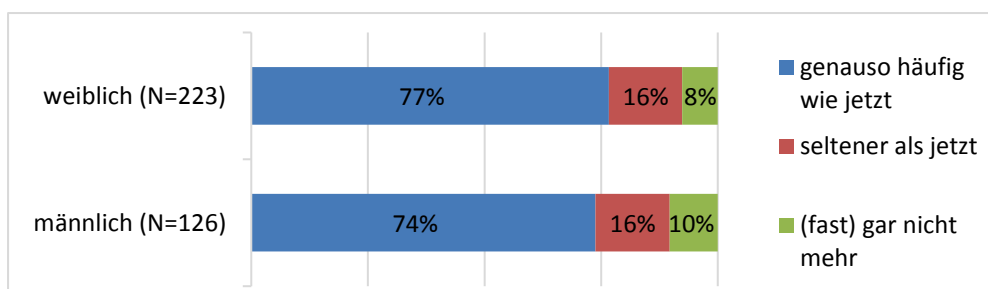


Abbildung 71: Intendierte Veränderungen der Radnutzung bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen, untergliedert nach Geschlecht (N=349).

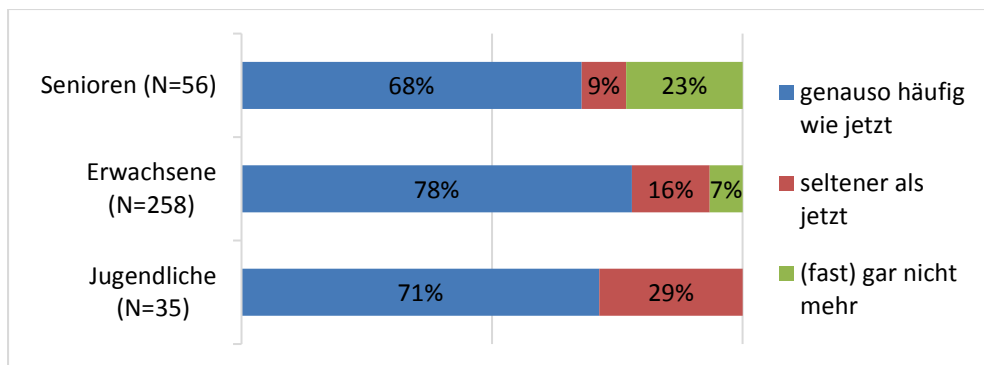


Abbildung 72: Intendierte Veränderungen der Radnutzung bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen, untergliedert nach Altersgruppen (Jugendliche = 14-17 Jahre, Erwachsene= 18-59 Jahre, Senioren = 60-69, N=349).

Die 85 Probanden, die eine Veränderung ihres Radnutzungsverhaltens bei Eintreten einer Helmpflicht angaben, (seltener oder (fast) gar nicht mehr Rad fahren), wurden um eine differenziertere Aussage gebeten. So sollten sie für die verschiedenen Fahrzwecke einschätzen, wie sie ihr Nutzungsverhalten anpassen würden. Personen, die schon jetzt (fast) immer einen Helm tragen, wurden nicht nach ihrer Reaktion auf eine Helmpflicht gefragt. Von ihnen wurde angenommen, dass sie von der Helmpflicht nicht in ihrer Radnutzung beeinflusst werden würden. Diese sowie jene, die bei einer Helmpflicht genauso häufig fahren würden wie jetzt, sind in Abbildung 73 in der Kategorie „genauso oft Rad fahren“ mit enthalten. Je nach Fahrzweck würden zwischen 5 und 7 Prozent der Personen, die für den jeweiligen Zweck derzeit mit dem Fahrrad fahren, dies nach Einführung einer Helmpflicht nicht mehr tun. Ein geringerer Teil (1 % - 6 %) würde ihre Radnutzung reduzieren. Bei dem Großteil der Befragten kann davon ausgegangen werden, dass eine Helmpflicht ihr Radnutzungsverhalten nicht verändern würde. Am wenigsten von der Pflicht beeinträchtigt würden Urlaubsradfahrten.

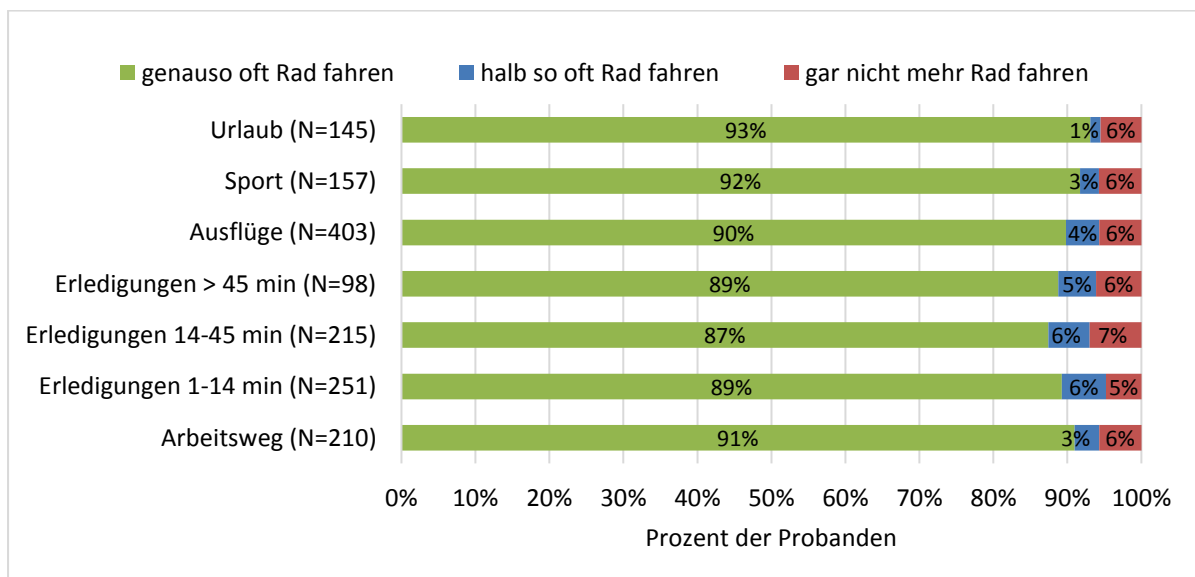


Abbildung 73: Veränderung der Radnutzung für die verschiedenen Fahrzwecke bei Einführung einer Helmpflicht (N=500).

Um eine mögliche Mobilitätsverlagerung abschätzen zu können, wurden die 85 Probanden, die eine Veränderung ihres Radnutzungsverhaltens bei Eintreten einer Helmpflicht angaben, seltener oder (fast) gar nicht mehr Rad zu fahren, weiter gefragt, wie sie solche Wege, auf denen sie ihre Radnut-

zung einschränken würden, dann zurücklegen würden. Wie in Abbildung 74 zu erkennen ist, würden die meisten Radfahrten durch motorisierte Fahrten (Auto, Motorrad, Moped, Roller) ersetzt werden. Für den Arbeits-/Schul-/Ausbildungsweg würde ein großer Teil auch auf den ÖPNV umsteigen oder zu Fuß gehen. Auch Erledigungen von einer Radfahrdauer von 1-14 Minuten würden einige zu Fuß bewerkstelligen. Zu beachten ist, dass auch für diese kurzen Wege ein beträchtlicher Teil durch das Auto ersetzt werden würde. Nur bei Ausflügen und beim Sport geben einige an, dass sie diese Aktivitäten gar nicht mehr ausführen würden. Personen, die Radfahren (auch) als sportliche Aktivität betreiben, würden dann vermehrt zu Fuß gehen. Abwegig scheint die Ersetzung des Radfahrens als sportliche Aktivität durch motorisierte Fahrten. Dies bekräftigt die oben geschilderte Vermutung, dass dieses Item nicht von allen Probanden wie beabsichtigt aufgefasst wurde. Besonders bei Erledigungen > 45 min, Sport und Urlaub sollte bedacht werden, dass die Teilstichprobe sehr klein ist.

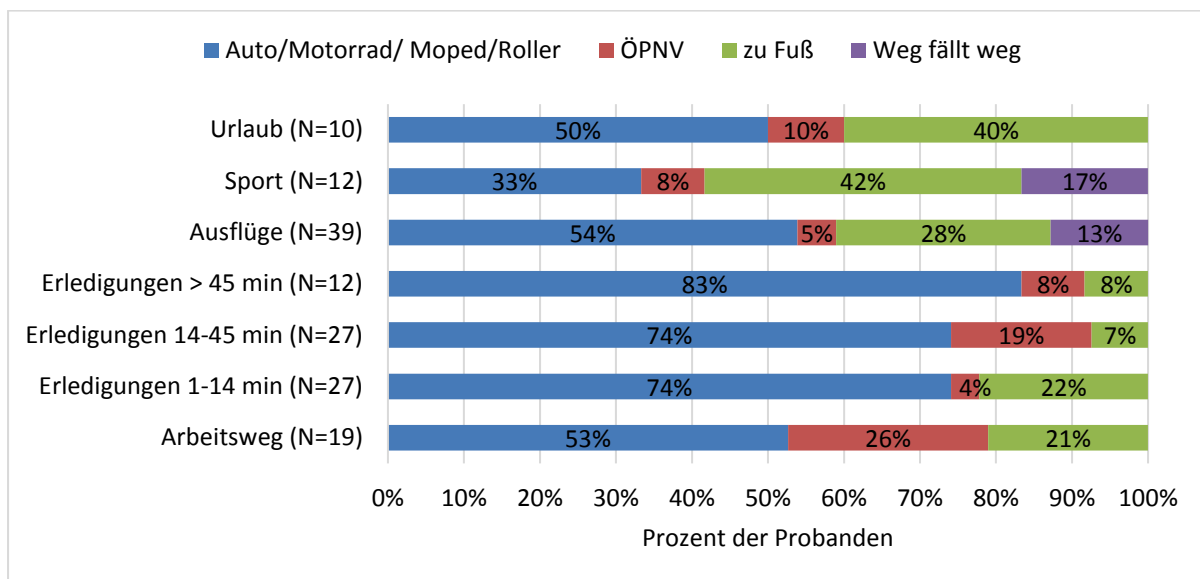


Abbildung 74: Ersetzung des Fahrrads durch andere Verkehrsmittel bei Einführung einer Helmpflicht (N=85).

Es ist denkbar, dass ein Rückgang der Radnutzung bei Einführung einer Helmpflicht durch die vermehrte Ausführung anderer körperlicher oder sportlicher Aktivitäten kompensiert wird. Um einen Eindruck davon zu bekommen, ob dies möglicherweise eintreten könnte, wurden die 85 Probanden, die eine Veränderung ihres Radnutzungsverhaltens bei Eintreten einer Helmpflicht angaben, um eine Aussage dazu gebeten. In Kapitel 4.1.6.1 (S. 122) gehen wir darauf näher ein.

#### 4.1.6 Berechnungen von Parametern für die Kosten-Nutzen-Analyse

Mit der Telefonbefragung wurden Daten zu Fahrzeiten erhoben. In Verbindung mit angegebenen Geschwindigkeitskategorien kann so eine Einschätzung der Kilometerleistung vorgenommen werden. Sowohl die Abfrage der Fahrzeiten als auch die Zuordnung der nur kategorial eingeschätzten Fahrgeschwindigkeiten sind mit Ungenauigkeiten behaftet. Zur Eichung der kategorialen Fahrgeschwindigkeiten und als Grundlage für die Eliminierung von Ausreißern wurden die Daten der MiD2008 (2010) herangezogen. Die Eichung erfolgte durch Anpassung der Zuordnung von Geschwindigkeiten zu den kategorial eingeschätzten Fahrgeschwindigkeiten in dem Maß, dass die re-



sultierenden mittleren Fahrleistungen denen der Daten von MiD2008 (nach Korrektur des seit 2008 veränderten Radverkehrsaufkommen) entspricht.

Der MiD2008-Datensatz enthält 19232 Einträge von Wegen, die mit dem Fahrrad zurückgelegt wurden. Die Daten basieren auf 7565 befragten Personen aus den Jahren 2008/2009. Die Personen wurden jeweils nach den Wegen eines Tages gefragt. Der MiD-Datensatz enthält daher zunächst nur Wegelängen und keine Tagesfahrlängen. Es wurden deshalb zunächst die Wege eines Tages addiert. Bei 8 Personen gab es resultierende unrealistisch hohe Tageskilometer, die auf 120 km gekappt wurden. Die Berechnung von Monats- oder Jahresfahrleistungen erfolgte über die Summierung von Tagesfahrleistungen. Aus den Daten des MiD wurde nun für jeden Tag des Jahres die mittlere Fahrleistung berechnet und über eine Regression im Sinne eines minimalen Fehlerquadrats mit Ausgleichsplines eine Jahresgangkurve berechnet.

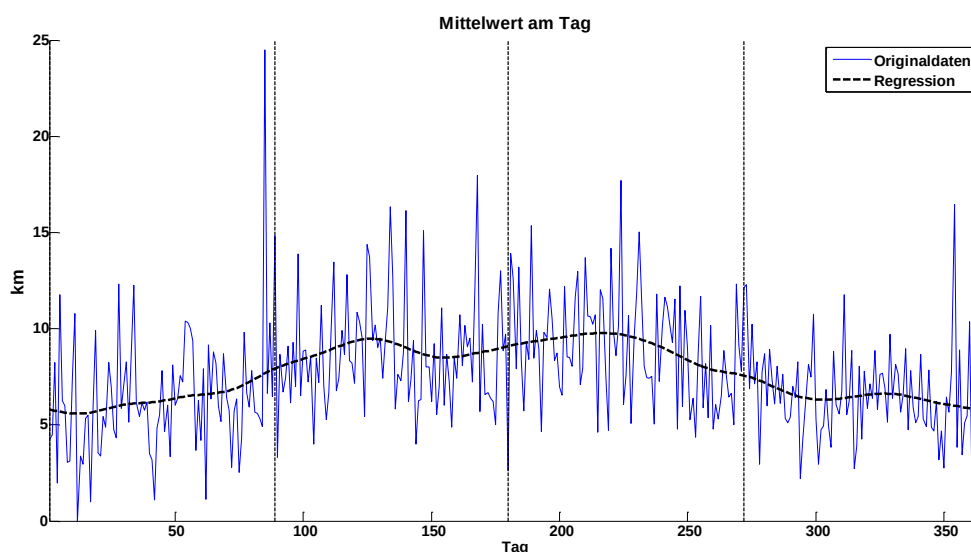


Abbildung 75: Gemittelte Tagesfahrleistungen und Ausgleichskurve der Fahrradfahrdaten von MiD2008 (2010).

Die Jahresfahrleistung gemäß MiD2008 beträgt 2805km, die Monatsfahrleistungen im Sommer (Mai, Juni) betragen 282 km. Die Untersuchung der vorliegenden Studie wurde im Juni durchgeführt und nach Fahrleistungen im letzten Monat gefragt. Eine Anpassung der Daten erfolgt deshalb auf Basis der Daten von Mai/Juni.

Nach der Ausgabe 2015 von „Verkehr in Zahlen“ (2014) hat sich die Verkehrsleistung mit dem Fahrrad von 2009 auf 2012 um 2,7 Milliarden Personenkilometer gesteigert. Führt man die Steigerung von 2011 auf 2012 bis auf 2015 fort ergibt sich für das Jahr 2015 zu dem Jahr 2009 eine Steigerung um 10 %. Diese Steigerungsrate wurde zur Anpassung der Daten dieser Studie angenommen. Wir nehmen eine durchschnittliche Monatsleistung in der Umfrage von 310 km.<sup>58</sup>

<sup>58</sup> Das Deutsche Mobilitätspanel (MOP) erhebt seit 1994 jährlich Informationen über das Mobilitätsverhalten, wozu auch das Radfahren gehört. Nach Angaben des MOP wurden von 2006 bis 2010 im Mittel 21 km bis 33km pro Person und Woche mit dem Fahrrad zurückgelegt (DLR, 2016). Dies entspricht einer Radfahrleistung von 84 km bis 132 km pro Monat und damit deutlich weniger als in den Daten vom MiD2008. Die Befragten werden dort in einer Woche im Oktober gebeten, ihr Mobilitätsverhalten in Wegetagebüchern festzuhalten, weshalb die Umfrage auch nur das Mobilitätsverhalten im Herbst wiedergibt (in MiD2008 ist die monatliche

Mit den Annahmen über Fahrgeschwindigkeiten wurden die Auskünfte zur Radnutzung mithilfe der Geschwindigkeitsangaben in gefahrene Kilometer pro Monat umgerechnet. Die eigene Geschwindigkeit wurde auf einer 5-stufigen Skala von sehr langsam bis sehr schnell (vgl. Abbildung 40, S. 103) eingeschätzt. Als normale Geschwindigkeit wurde eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 14,3 km/h angesetzt. Als sehr langsam wurden 10 km/h, als langsam 12 km/h, als schnell 19 km/h und als sehr schnell 26 km/h angenommen. Die Werte wurden so gewählt, dass sich eine Übereinstimmung der aus der Befragung ermittelten monatlichen Fahrleistung mit der aus MiD2008 berechneten ergeben. Als Ergebnis der Auswertung der Befragungsdaten mit den angenommenen Geschwindigkeitskategorien ergibt sich eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 16,2 km/h.

Ein Vergleich mit (Schleinitz, Franke-Bartholdt, Petzoldt, Schwanitz, Kühn, & Gehlert, 2014) zeigt, dass die Wahl der Geschwindigkeitsniveaus durchaus sinnvoll ist. In der Studie wurden Pedelec-Fahrer und Fahrradfahrer mit GPS-basierten Trackingsystemen ausgestattet und Fahrdaten für Fahrten im Zeitraum eines Monats registriert. Die Stichprobe waren 31 Fahrradfahrer, wobei zwei Drittel älter als 40 Jahre waren. Die Fahrten wurden zum größten Teil im städtischen Umfeld durchgeführt. Die mittlere Geschwindigkeit bei Schleinitz, et al. lag bei ca. 13,1 km/h. Sehr kleine mittlere Geschwindigkeiten lagen bei ca. 10 km/h. Nach oben waren die Geschwindigkeiten allerdings wegen des vornehmlich städtischen Umfelds stark begrenzt. Rojas-Rueda et al. (2012) liefern aus einer Untersuchung in Barcelona eine mittlere Geschwindigkeit von 14 km/h.

In der vorliegenden Telefonbefragung wurde ein großer Teil der Strecken in ländlichen Gebieten durchgeführt (vgl. Abbildung 39, S. 102) außerdem wurden ca. 45 % der Wege als Ausflüge, zum Sport oder als Urlaubsfahrt durchgeführt. Man kann deshalb davon ausgehen, dass höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten als in der Stadt gefahren wurden. Die aus den Befragungsdaten errechnete Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 16 km/h erscheint deshalb plausibel.

#### *4.1.6.1 Rückgang der Radnutzung – Kilometerleistung*

Bei der Frage nach dem Ausmaß des Rückgangs der Radnutzung im Falle der Einführung einer Helmpflicht standen in der Telefonbefragung folgende Antwortmöglichkeiten zur Verfügung (vgl. auch Abbildung 73, S. 119): „genauso oft Rad fahren“, „halb so oft Rad fahren“, „gar nicht mehr Rad fahren“. Wurde von Probanden angegeben, dass sie für einen bestimmten Fahrzweck nur noch halb so oft das Fahrrad nutzen würden, wurde die Anzahl der Kilometer halbiert. Personen, die keine zeitlichen Angaben zur ihrer derzeitigen Radnutzung gemacht, sind in den folgenden Berechnungen nicht enthalten. Selbiges gilt für Personen, die zwar angegeben haben, dass sie Ihre Radnutzung bei Einführung einer Helmpflicht einschränken würden, zum Ausmaß der Einschränkung jedoch keine Aussage machen konnten.

Tabelle 35 fasst die errechneten gefahrenen Kilometer vor (aktuell) und hypothetisch nach Einführung einer Helmpflicht insgesamt und für jeden einzelnen Fahrzweck zusammen. Die Angaben beziehen sich auf einen Mai oder Juni. Insgesamt kann ein Rückgang von 6,7 % berechnet werden: Derzeit fahren die befragten Personen (N=472) gemeinsam 146.632 km in einem Mai oder Juni (im

---

Fahrleistung im Oktober 204 km). Weiterhin ist zu bedenken, dass Studien sich teilweise auf die Gesamtbevölkerung, teilweise nur auf die Radfahrenden beziehen.

Mittel pro Person: 310,6 km). Nach Einführung einer Helmpflicht würden sie nur noch 136.737 km fahren (im Mittel pro Person: 289,7 km). Am stärksten betroffen wäre mit 9,2 % Rückgang die Radnutzung für Erledigungen und hier speziell Fahrten zwischen 15 und 45 Minuten (Rückgang 12,4 %).

Die Anteile der Fahrzwecke an der Gesamtfahrleistung ändern sich nach Einführung einer Helmpflicht nur wenig. Der größte prozentuale Rückgang ist bei den Erledigungen zu erkennen. Der Anteil der Urlaubsfahrten bleibt gleich, sportliche Aktivitäten würden mehr Gewicht bekommen.

*Tabelle 35: Berechnete vor (aktuell) und nach Einführung einer Helmpflicht von allen Probanden gefahrene Kilometer pro Monat, abgeleitet aus den Angaben.*

| Fahrzweck    | N   | Gefahrene Kilometer pro Monat |        |        |                  |       |        | Rückgang km |
|--------------|-----|-------------------------------|--------|--------|------------------|-------|--------|-------------|
|              |     | aktuell                       |        |        | nach Helmpflicht |       |        | in %        |
|              |     | Gesamt                        | MW     | Anteil | Gesamt           | MW    | Anteil |             |
| Arbeitsweg   | 201 | 31.412                        | 156,28 | 21,4 % | 29.967           | 149,1 | 21,9 % | 4,6         |
| Erledigungen | 356 | 46488                         | 130,5  | 31,7 % | 42.064           | 118.2 | 30,7 % | 9,5         |
| 1-14 min     | 250 | 9987                          | 39,95  |        | 9.257            | 37,0  |        | 7,3         |
| 15-45 min    | 214 | 23.196                        | 108,39 |        | 20.308           | 94,9  |        | 12,4        |
| > 45 min     | 96  | 13.304                        | 138,59 |        | 12.499           | 130,2 |        | 6,0         |
| Ausflüge     | 369 | 44.418                        | 120,37 | 30,3 % | 42.416           | 118,1 | 31,0 % | 7,1         |
| Sport        | 142 | 18.771                        | 132,19 | 12,8 % | 18.046           | 128,0 | 13,2 % | 3,8         |
| Urlaub       | 128 | 5.827                         | 45,53  | 4,0 %  | 5.411            | 42,3  | 4,0 %  | 7,1         |
| Gesamt (r)   | 472 | 146.632                       | 310,7  |        | 136.737          | 289,7 |        | 6,7         |

Für die Berechnung der negativen Gesundheitswirkung, die sich aus einem Rückgang der Fahrradfahrleistung ergibt (siehe Kap. 4.4, S. 174), ist es notwendig, die körperlichen Aktivitäten der Personen mit verringerter Fahrradfahrleistung zu kennen. Es wurden deshalb bei den Probanden, die nicht immer einen Helm tragen erfragt, ob sie zusätzlich zum Fahrradfahren noch sportlich aktiv sind (Tabelle 36).

*Tabelle 36: Anteil der Fahrradfahrer, die nicht immer einen Helm tragen, die zusätzlich Sport treiben.*

| Altersgruppe  | Anteil sportlich nicht aktiv | Anteil sportlich leicht aktiv | Anteil sportlich stärker aktiv |
|---------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 14-19 (N=41)  | 9,8 %                        | 19,5 %                        | 70,7 %                         |
| 20-64 (N=253) | 5,9 %                        | 16,2 %                        | 77,9 %                         |
| >=65 (N=35)   | 2,9 %                        | 11,4 %                        | 85,7 %                         |

Überraschend ist, dass die Älteren zusätzlich mehr Sport betreiben, als die Jüngeren. Dies steht im Gegensatz zum DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“ (Froböse & Wallmann-Sperlich, DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“, 2016). Unter Umständen liegt die Ursache darin, dass sich die in der vorliegenden Befragung ausgewählte Stichprobe (nur Fahrradfahrer) von der deutschen Grundgesamtheit unterscheidet.

Bei denjenigen, die angaben, nach Einführung einer Fahrradhelmpflicht weniger Rad zu fahren oder gar aufzuhören, wurde weiterhin gefragt, ob sie dies mit zusätzlichen sportlichen Aktivitäten ausgleichen würden (Tabelle 37).

*Tabelle 37: Anteil der Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht weniger Fahrrad fahren, dies aber nach ihren Angaben mit zusätzlichem Sport ausgleichen.*

| <b>Altersgruppe</b> | <b>kein Ausgleich</b> | <b>leichter Ausgleich durch Sport</b> | <b>starker Ausgleich</b> |
|---------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| 14-19 (N=12)        | 25 %                  | 8 %                                   | 67 %                     |
| 20-64 (N=55)        | 33 %                  | 33 %                                  | 34 %                     |
| >=65 (N=11)         | 18 %                  | 36 %                                  | 46 %                     |

Von den 472 Probanden, die Angaben zur Fahrleistung gegeben haben, haben 25 Personen oder ca. 5,3 % der Stichprobe angegeben, gar nicht mehr Fahrrad zu fahren (Aufhörer). Die Aufhörer fuhren überproportional wenig Fahrrad. Ihr Anteil an der Gesamtfahrradleistung beträgt 3,8 % Von den Aufhörern gaben die meisten an, den Rückgang mit zusätzlichem Sport ganz oder teilweise auszugleichen. Nur 5 Personen oder ca. 1 % der Stichprobe (N=472) gaben an, eine Reduktion der Fahrradnutzung aufgrund einer Helmpflicht nicht mit anderen sportlichen Aktivität auszugleichen. Davon gaben allerdings die Mehrzahl an, ansonsten sportlich aktiv zu sein. Nur eine Person oder 0,2 % der Stichprobe aus (N=472) würde bei Einführung einer Helmpflicht die Fahrradnutzung komplett einstellen und sich auch ansonsten nicht sportlich aktiv betätigen (Tabelle 38).

*Tabelle 38: Rückgang der Anzahl der Fahrradfahrer nach Einführung einer Helmpflicht.*

|                                                                                                                            | <b>Rückgang</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Anteil derjenigen, die nicht mehr Fahrrad fahren an allen Fahrradfahrern                                                   | 5,3 %           |
| Anteil der Fahrleistung derjenigen, die nicht mehr Fahrrad fahren an der Fahrleistung aller Fahrradfahrer                  | 3,8 %           |
| Anteil derjenigen, die nicht mehr Fahrrad fahren und dies nicht sportlich ausgleichen, aber dennoch Sport machen           | 1,1 %           |
| Anteil derjenigen, die nicht mehr Fahrrad fahren und dies nicht sportlich ausgleichen, aber auch keinen Sport sonst machen | 0,21 %          |

Zur Veranschaulichung des Rückgangs insgesamt zeigt Abbildung 76 die aktuelle Radnutzung sowie die hypothetische Radnutzung nach Helmpflicht. Es ist zu erkennen, dass die monatliche Fahrradnutzung wesentlich häufiger unter 50 km pro Monat liegen würde.

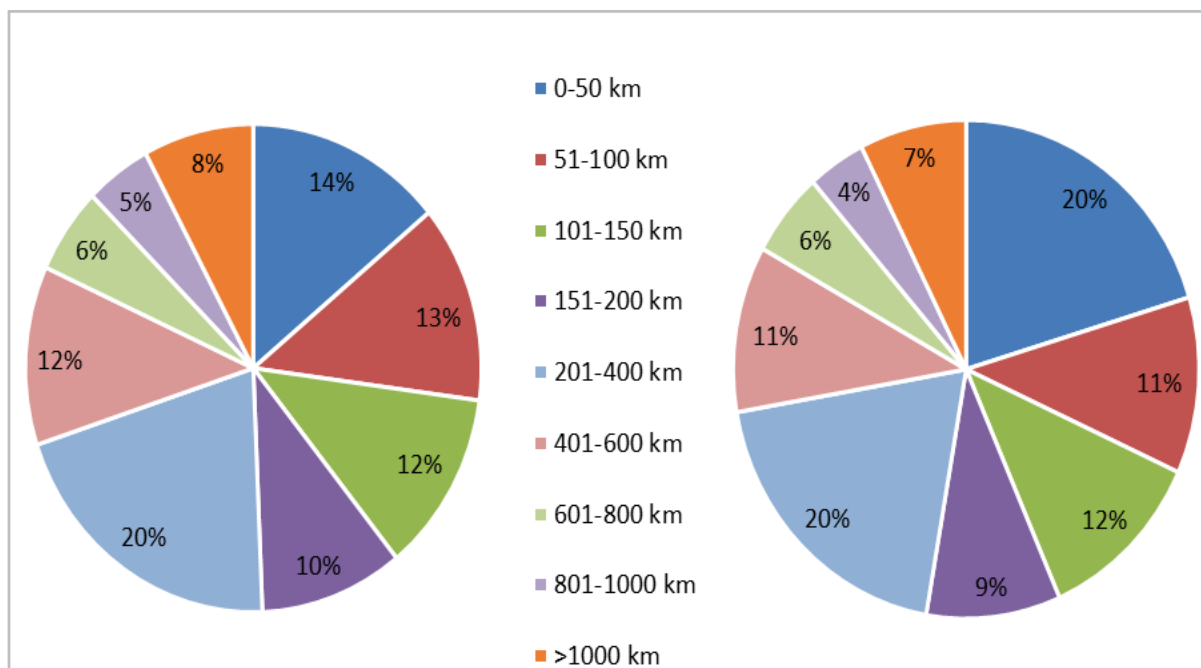


Abbildung 76: Prozentuale Verteilung der gefahrenen Kilometer aktuell (links) und hypothetisch nach Helmpflicht (rechts) pro Monat Mai. Zu beachten sind die unterschiedlichen Segmentgrößen: Die ersten vier Segmente umfassen jeweils 50 km, die nächsten vier jeweils 200 km.

#### 4.1.6.2 Veränderung der Helmtragequote

Mit Hilfe der verfügbaren Daten lässt sich weiter berechnen, wie viele Fahrradfahrkilometer aktuell und nach einer möglichen Helmpflicht mit Helm gefahren werden. Obwohl nur 30 % der Befragten angaben, so gut wie immer einen Helm zu tragen, werden aufgrund der Zunahme der Helmnutzung bei größerer Fahrtdauer 48,7 % der gefahrenen Kilometer in der befragten Stichprobe heute schon mit einem Helm absolviert. Bezogen auf die Anzahl der Personen beträgt der Anteil 44 %. (siehe Abbildung 46, S. 105). Nach einer Helmpflicht würde sich nach den Angaben der Befragten die auf die Kilometer bezogene Helmtragequote auf 82,5 % steigen (siehe Abbildung 77). Auf die Personenanzahl bezogen sind dies 81,7 %.

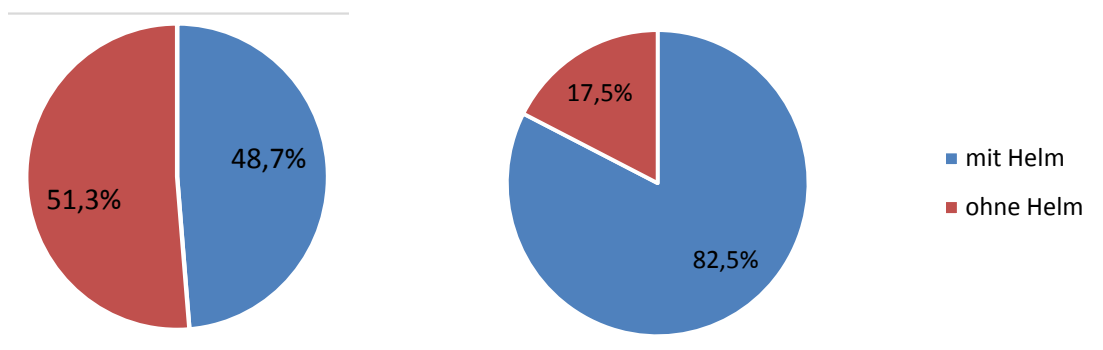


Abbildung 77: Prozentualer Anteil der mit und ohne Helm gefahrenen Kilometer aktuell (links) und potenziell nach einer Helmpflicht (rechts).

Dass die Helmnutzung mit zunehmender monatlicher Fahrleistung zunimmt, erkennt man in Tabelle 39.

Tabelle 39: Abhängigkeit der auf den Kilometer bezogenen Helmtragequote von der monatlichen Fahrleistung (vor und nach Helmpflicht).

| Monatl. Fahrleistung [km] | 0-20   | 21-50  | 51-120 | 121-200 | 201-400 | 401-800 | >800   |
|---------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| Helmtragequote vor        | 9,4 %  | 28,7 % | 27,7 % | 30,6 %  | 41,7 %  | 61,4 %  | 51,1 % |
| nach Helmpflicht          | 62,1 % | 77,3 % | 73,1 % | 72,8 %  | 81,5 %  | 85 %    | 84,5 % |

#### 4.1.6.3 Änderung Modalsplit

Personen, die einen Rückgang ihrer Radnutzung in einem Fahrzweck angaben, wurden weiter gefragt, mit welchem Verkehrsmittel sie den Weg, den Sie jetzt mit dem Fahrrad zurücklegen, dann absolvieren würden (vgl. Abbildung 74, S. 120). Es wurde berechnet, wie viele Kilometer auf welches Verkehrsmittel übergehen würden. Die Angaben sind in Tabelle 40 zusammengefasst. Insgesamt würden nach Helmpflicht von der Stichprobe 9.886 km monatlich weniger gefahren werden (vgl. Tabelle 35). Von diesen würde über die Hälfte auf Auto/ Motorrad/ Moped/ Roller übergehen. Fast ein Viertel würde zu Fuß und etwa 16 % mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt werden. Nur ein geringer Teil würde gänzlich wegfallen. Die Summe der in Tabelle 40 dargestellten km ergibt 10.468. Die Diskrepanz zum eigentlichen Rückgang der km, wie sie in Tabelle 35 zu erkennen ist, ergibt sich aus Meinungsenthaltungen.

*Tabelle 40: Mit Rückgang der Radnutzung nach Helmpflicht hypothetisch einhergehende Ersetzung von Radfahrten durch andere Verkehrsmittel.*

| <b>genutztes Verkehrsmittel</b>        | <b>Fahrzweck</b>       | <b>N</b> | <b>Kilometer<br/>gesamt</b> | <b>Anteil</b> | <b>Zeitreduzierung</b> |
|----------------------------------------|------------------------|----------|-----------------------------|---------------|------------------------|
| <b>Auto/Motorrad/<br/>Moped/Roller</b> | Arbeitsweg             | 8        |                             |               |                        |
|                                        | Erledigungen 1-14 min  | 20       |                             |               |                        |
|                                        |                        | 20       |                             |               |                        |
|                                        | Erledigungen 15-45 min | 9        |                             |               |                        |
|                                        | Erledigungen > 45 min  | 20       | 5.701                       | 3,9 %         | 4,0 %                  |
|                                        |                        | 3        |                             |               |                        |
|                                        | Ausflüge               | 4        |                             |               |                        |
| <b>ÖPNV</b>                            | Sport                  |          |                             |               |                        |
|                                        | Urlaub                 |          |                             |               |                        |
|                                        | Arbeitsweg             | 4        |                             |               |                        |
|                                        | Erledigungen 1-14 min  | 1        |                             |               |                        |
|                                        |                        | 5        |                             |               |                        |
|                                        | Erledigungen 15-45 min | 1        | 1.474                       | 1,1 %         | 1,0 %                  |
|                                        | Erledigungen > 45 min  | 2        |                             |               |                        |
| <b>Zu Fuß</b>                          |                        | 1        |                             |               |                        |
|                                        | Ausflüge               |          |                             |               |                        |
|                                        | Urlaub                 |          |                             |               |                        |
|                                        | Arbeitsweg             | 4        |                             |               |                        |
|                                        | Erledigungen 1-14 min  | 6        |                             |               |                        |
|                                        |                        | 2        |                             |               |                        |
|                                        | Erledigungen 15-45 min | 1        |                             |               |                        |
| <b>Weg fällt weg</b>                   | Erledigungen > 45 min  | 8        | 2.061                       | 1,4 %         | 1,4 %                  |
|                                        |                        | 4        |                             |               |                        |
|                                        | Ausflüge               | 4        |                             |               |                        |
|                                        | Sport                  |          |                             |               |                        |
|                                        | Urlaub                 |          |                             |               |                        |
|                                        | Ausflüge               | 5        |                             |               |                        |
|                                        | Sport                  | 1        | 509                         | 0,35 %        | 0,34 %                 |
| <b>Summe</b>                           |                        |          | 9745                        | 6,7 %         | 6,8 %                  |

#### 4.1.6.4 Metabolische Äquivalenzleistung (MET)

Zur Berechnung des möglichen negativen Gesundheitseffektes eines Rückgangs der Fahrradfahrleistung wurden die Fahrradfahrer in die drei Altersklassen der Befragung eingeteilt: bis 20, 20 bis unter 65 und über 65. Die Daten wurden dahingehend altersdifferenziert ausgewertet. Für die Berechnung eines Gesundheitseffektes ist es notwendig zu berechnen, wie sich ein Rückgang des Fahrradfahrens in MET-Äquivalente<sup>59</sup> widerspiegelt. Es wurde bei der Berechnung in zwei Klassen unterschieden: Fahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht nicht mehr Fahrrad fahren würden (Aufhörer) und Fahrer, die ihr Fahrradfahren nur reduzieren würden (Reduzierer). Es wurde weiterhin untersucht, zu welchem Verkehrsmittel die Fahrer beim Aufhören oder Reduzieren wechseln würden. Beim Wechsel auf Zufußgehen wurden die daraus resultierenden metabolischen Äquivalente berechnet. 6,8 MET pro Woche entspricht in dieser Berechnung 100 Minuten Radfahren in der Woche und 4 MET 170 Minuten Zufußgehen in der Woche (World Health Organization, 2014).

*Tabelle 41: Veränderung der Fahrradnutzung nach Einführung einer Helmpflicht, altersdifferenziert.*

| <b>Altersgruppe</b>                                                                                                            | <b>14-19</b>     | <b>20-64</b>          | <b>&gt;=65</b>        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| Mittlere derzeitige monatl. Fahrleistung (km)                                                                                  | 356 km           | 312 km                | 251 km                |
| Mittlere derzeitige monatl. Fahrleistung (MET-h/Woche)                                                                         | 20,7 MET-h/Woche | 19,7 MET-h/Woche      | 17,8 MET-h/Woche      |
| Prozentuale Reduzierung Strecken-Fahrleistung                                                                                  | 9,7 %            | 5,7 %                 | 9,5 %                 |
| Anteil Aufhörer an Altersgruppe                                                                                                | 0                | 5,2 %                 | 11,3 %                |
| Anteil Reduzierer an Altersgruppe                                                                                              | 21,8 %           | 6,9 %                 | 5,7 %                 |
| Mittlere/mediane Reduktion der metabolischen Äquivalenzleistung der Aufhörer                                                   | 0                | 15,6/10,5 MET-h/Woche | 13,5/14,8 MET-h/Woche |
| Mittlere metabolische Reduzierung der Äquivalenzleistung der Aufhörer bei Berücksichtigung eines vollständigen Sportausgleichs | 0                | 0,5 MET-h/Woche       | 1,7 MET-h/Woche       |
| Mittlere metabolische Reduzierung der Äquivalenzleistung der Reduzierer                                                        | 9,4 MET-h/Woche  | 6,0 MET-h/Woche       | 2,2 MET-h/Woche       |
| Mittlere metabolische Reduzierung der Äquivalenzleistung der Reduzierer bei Berücksichtigung eines Sportausgleichs             | 0                | 1,8 MET-h/Woche       | 2,2 MET-h/Woche       |
| Anteil der Aufhörer, die Strecke durch zu Fuß gehen ersetzen                                                                   | ---              | 31,6 %                | 66,7 %                |
| Anteil der Reduzierer, die Strecke durch zu Fuß gehen ersetzen                                                                 | 50 %             | 16 %                  | 33,3 %                |
| Mittlere metabolische Äquivalenzleistung des wegen Helmpflicht Zufußgehens der Aufhörer                                        | ---              | 8,4 MET-h/Woche       | 13,5 MET-h/Woche      |
| Mittlere metabolische Äquivalenzleistung des wegen                                                                             | 3,8 MET-         | 2,0 MET-              | 2,2 MET-              |

<sup>59</sup> MET=Metabolisches Äquivalent, siehe S. 59



| Helmpflicht Zufußgehens der Reduzierer                                                     | h/Woche | h/Woche | h/Woche |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Anteil der Fahrleistung (km) der Aufhörer aus Altersgruppe, die zum Auto wechseln          | ---     | 72,7 %  | 30,6 %  |
| Anteil der Fahrleistung (km) der Aufhörer aus Altersgruppe, die zu Fuß zurückgelegt wird   | ---     | 17,8 %  | 69,2 %  |
| Anteil der Fahrleistung (km) der Aufhörer aus Altersgruppe, die auf ÖPV wechseln           | ---     | 7,4 %   | 0,2 %   |
| Anteil der Fahrleistung (km) der Aufhörer aus Altersgruppe, dessen Wege wegfallen          | ---     | 2 %     | 0       |
| Anteil der Fahrleistung (km) der Reduzierer aus Altersgruppe, die zum Auto wechseln        | 29,4 %  | 67,1 %  | 51,7 %  |
| Anteil der Fahrleistung (km) der Reduzierer aus Altersgruppe, die zu Fuß zurückgelegt wird | 17,9 %  | 5,4 %   | 48,3 %  |
| Anteil der Fahrleistung (km) der Reduzierer aus Altersgruppe, die auf ÖV wechseln          | 43,9 %  | 20,1 %  | 0       |
| Anteil der Fahrleistung (km) der Reduzierer aus Altersgruppe, dessen Wege wegfallen        | 8,8 %   | 7,4 %   | 0       |

Man erkennt, dass Jüngere zwar das Radfahren reduzieren, aber nicht aufhören, während die über 65-Jährigen eher ganz mit dem Fahrradfahren aufhören. Die prozentuale auf die Streckenfahrleistung bezogene Reduktion fällt bei den Jungen und Alten wesentlich höher aus als bei den Mittelalten. Diejenigen, die aufhören, fahren etwas unterdurchschnittlich Fahrrad und wechseln dann – insbesondere im Alter  $\geq 65$  zu einem hohen Anteil zum Gehen. Die Fahrstrecken werden dann von den Älteren auch noch zu 50 % zu Fuß zurückgelegt, während die mittlere Altersgruppe über 72 % zum Auto wechselt.

#### 4.1.7 Zusammenfassung

##### 4.1.7.1 Radnutzung

Zusammenfassend hat die Telefonbefragung bezüglich der Radnutzung folgende Erkenntnisse gebracht: Die meisten Befragten nutzen das Fahrrad für Ausflüge (81 %), gefolgt von Erledigungen (76 %). Auf die Kilometer bezogen liegen Ausflüge mit 30,3 % knapp hinter den Erledigten (31,7 %).

Die Fahrleistungen von Fahrradfahrern in Deutschland sind in der Regel nur abgeleitet aus Befragungen bekannt und deshalb generell mit Unsicherheit behaftet. Wir sind bei der Interpretation der Daten der Telefonbefragung davon ausgegangen, dass das MiD2008 die genaueste Datenbasis liefert.

##### 4.1.7.2 Helmnutzung

54 % der Befragten besitzen nach der Befragung einen Fahrradhelm, jedoch tragen nur 30 % von diesen ihn auch so gut wie immer. Mehr Männer als Frauen, mehr Jugendliche als Erwachsene und

Senioren sowie mehr Eltern als kinderlose Personen tragen immer oder fast immer Helm. Die Daten stimmen damit weitgehend mit den Ergebnissen des Sinus-Reports (2013) überein..

Die in der vorliegenden Studie ermittelten Daten basieren auf telefonischen Befragungen. Bei diesen Befragungen ist nicht auszuschließen, dass es bei Angaben zum Helmtrageverhalten zu einer Überschätzung kommt, da Befragte dazu neigen, eher das vermeidlich sozial erwünschte Verhalten anzugeben.

Einer im Juni 2015 mit 2057 Personen (ab 18 Jahren) im Auftrag der dpa durchgeführten repräsentativen Online-Umfrage zufolge tragen 11 % immer und 12 % meistens einen Fahrradhelm (YouGov, 2015). Die Stichprobe beinhaltet jedoch auch Personen, die kein Fahrrad fahren (19 %). Die BAST (Wandtner, 2015) beobachtete im Jahr 2014 16.312 Radfahrer ab 6 Jahren. Insgesamt betrug die Helmtragequote dort 17 %. Von den Jugendlichen (11-16 Jahre) trugen 31 % einen Helm, von den Erwachsenen (17-60 Jahre) zwischen 7 % und 16 % und von den Senioren (> 60 Jahre) 8 %. Damit fallen die Werte wesentlich geringer aus als jene aus der Telefonbefragung (vgl. Abbildung 48, S. 106). Dies lässt sich u. U. durch die von der BAST benutzte Erhebungsmethode erklären. Die Helmtragequote wird dort durch Beobachtung in sechs Städten (Göppingen, Amberg, Gotha, Münster, Duisburg, Potsdam) durch Zählung an Knotenpunkten innerorts ermittelt. Radfahrer, die offensichtlich sportlich unterwegs sind (kenntlich an besonderer Kleidung), werden von der Zählung ausgeschlossen. Es kann nicht abgeschätzt werden, ob diese Art der Erhebung die mittlere auf die Kilometerleistung bezogene Helmtragequote in Deutschland erfasst.

In der Telefonumfrage wurden Personen, die angaben, nie einen Helm zu tragen, nach dem Hauptgrund dafür gefragt. Am häufigsten genannt wurden Komfortgründe und ästhetische Gründe (38 %) gefolgt von der Gewohnheit (17 %) und Zweifeln an der Notwendigkeit (15 %). Als Hauptgrund für die Nutzung wurde mehrheitlich ein sichereres Gefühl beim Radfahren geäußert. Die Helmnutzung variiert zwischen dichter besiedelten Regionen (großstädtisch/mittelstädtisch) und eher ländlichen Regionen (kleinstädtisch, ländlich) nur gering. Überdurchschnittliche Helmtragequoten lassen sich bei Vielfahrern feststellen sowie bei den Fahrtzwecken Urlaub, Sport und Ausflug. Bei Alltagswegen ist die Helmtragequote geringer. Am geringsten ist sie bei kurzen Erledigungen.

Es lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Helmnutzung und dem Erleben gefährlicher Situationen beim Radfahren erkennen: Befragte, die nie Helm tragen, erleben eher selten oder nie gefährliche Situationen. Dagegen erleben jene, die so gut wie immer Helm tragen, diese eher gelegentlich und sehr oft. Allerdings fahren diese Personen auch statistisch längere Strecken. Je häufiger gefährliche Situationen erlebt werden, desto eher sind die Befragten der Meinung, dass sie persönlich mit einem Fahrradhelm sicherer unterwegs sind bzw. wären als ohne Helm. Gleiches gilt für die Helmnutzung: Je häufiger ein Helm getragen wird, desto eher nehmen die Befragten einen Sicherheitsgewinn durch den Helm wahr.

#### *4.1.7.3 Verhalten bei Helmpflicht*

Die Probanden wurden mit einem Helmpflichtszenario konfrontiert und nach ihrer Reaktion befragt. 64 % der Befragten erachtet eine allgemeine Helmpflicht als sinnvoll. Fast die Hälfte würde im Falle einer Helmpflicht für alle Radfahrer gesetzeskonform handeln und (fast) immer einen Helm tragen. Dabei sind dies eher Frauen als Männer und eher ältere als jüngere Personen. Zudem hängt dies mit

der derzeitigen Helmnutzung zusammen: Probanden, die bereits vor Einführung einer Helmpflicht häufiger Helm tragen, würden eher der Helmpflicht entsprechend handeln.

Ein Viertel der Befragten würde seine Radnutzung entweder einschränken oder gänzlich aufgeben, wobei dies umso eher der Fall ist, je weniger Helm getragen wird. Weiterhin betrifft dies eher Männer als Frauen und einen großen Teil der Senioren, aber auch viele Jugendliche. Personen, die einen Rückgang ihrer Radnutzung angaben, würden dann vermehrt mit dem Auto/Motorrad/Roller/Moped unterwegs sein. Ihren Arbeitsweg würden sie auch mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder zu Fuß zurücklegen. Auch im Urlaub, beim Sport und bei Ausflügen würde viel zu Fuß gegangen werden. Einige der Befragten würden ihre derzeitige Betätigung für Sport und auf Ausflüge auch gänzlich aufgeben.

Nur ca. 5 % der Befragten, die Fahrtzeiten angegeben haben, würden nach Einführung einer Helmpflicht ganz auf das Radfahren verzichten. Die meisten würden dies aber mit zusätzlichem Sport auszugleichen. Nur ca. 1 % würden auf zusätzlichen Sport verzichten, waren aber in der Mehrzahl ohnehin sportlich aktiv. Nur 0,2 % würde nach Einführung der Helmpflicht nicht mehr Fahrradfahren, dies auch nicht durch mehr Sport ausgleichen und sonst auch anderweitig keinen Sport betreiben.

Die aus der Befragung abgeleiteten Daten ergeben, dass sich die Helmtragequote durch eine Helmpflicht auf ca. 82 % erhöhen würde. Bei der Gruppe mit hohen monatlichen Fahrleistungen würde sich die Helmtragequote sogar auf ca. 85 % steigern.

Alle Angaben zur aktuellen sowie zur zukünftigen Helmtragequote basieren auf den Selbsteinschätzungen und Angaben der Befragten. Bei diesen Befragungen ist nicht auszuschließen, dass es bei Angaben zum derzeitigen Helmtrageverhalten zu einer Überschätzung kommt, da Befragte dazu geneigt sind, eher das vermeidlich sozial erwünschte Verhalten anzugeben. Ebenfalls ist nicht auszuschließen, dass es bei der Befragung zu einer Überschätzung des Radfahrverzichtes aus einer emotionalen Abwehrreaktion heraus kommt („dann fahr ich halt nicht mehr Fahrrad!“). Erfahrungen mit anderen Verkehrssicherheitsmaßnahmen zeigen, dass eine anfängliche Abwehrreaktion nach wenigen Jahren aufgegeben oder abgemildert wird. Da sich die meisten anderen Bewegungsarten (außer zu Fuß gehen) nicht vergleichbar gut in den Alltag integrieren lassen, ist nicht auszuschließen, dass hier der Umfang der angegebenen alternativer sportlicher Aktivitäten überschätzt wird.

## 4.2 Quantifizierbare Gesundheitseffekte des Radfahrens

Eine der Befürchtungen bei der Einführung einer Helmpflicht für Fahrradfahrer ist, dass die Verpflichtung zum Rückgang der Fahrradfahrleistung führt und der damit verbundene negative Effekt auf Gesundheit und Umwelt den positiven Effekt aufwiegt. Die Berücksichtigung des Gesundheitseffektes des Radfahrens ist deshalb wesentlicher Bestandteil der Kosten-Nutzen-Analyse.

Radfahren als körperliche Aktivität hat einen positiven gesundheitlichen Effekt. Die positiven Auswirkungen beziehen sich auf die Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Koordination und Beweglichkeit. Als alltäglichen Nutzen bedeutet dies zum Beispiel einen erhöhten Grundenergieumsatz durch ausgeprägte Muskulatur, eine verbesserte Reaktionsfähigkeit, ein gestärktes Immunsystem und die Mobilisation von Gelenken (Froböse I., 2006). Langfristig gesehen dient dies unter anderem als Schutz gegen Übergewicht, kardiovaskuläre Risikofaktoren wie zum Beispiel Bluthochdruck und auch alltäglichen Erkrankungen wie eine Erkältung. Dies wiederum senkt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens schwerwiegender Folgeerkrankungen (z. B. Herzinfarkt). Zahlreiche weitere positive Wirkungen des Fahrradfahrens wie anderer körperlicher Betätigungen sind vielfach belegt (Physical Activity Guidelines Advisory Committee, 2008). Oja et al. (2010) berichten über Studien ab dem Jahr 2000, die zwar nicht spezifisch das Fahrradfahren, aber Fahrradfahren und Zu Fußgehen als gemeinsame Aktivität untersuchen (Wagner, 2001; Hu, et al., 2003; Nakanishi & Suzuki, 2005; Bassett, R., Pucher, Buehler, Thompson, & Crouter, 2008; Lindstrom, 2008; Gordon-Larsen P., Boone-Heinonen, Sidney, Sternfeld, Jacobs, & Lewis, 2009). Sie zeigen, dass eine aktive Mobilität das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Typ 2 Diabetes, Bluthochdruck, Übergewicht und Adipositas reduziert und die körperliche Fitness verbessert. Hamer und Chida (2008) analysierten in einer Metastudie acht Studien, die Radfahren und Gehen zusammen betrachteten. Es zeigten sich eine signifikante Schutzwirkung von Radfahren und Gehen für kardiovaskuläre Faktoren. Weitere Studien, Reviews und Metaanalysen zeigen positive Effekte von körperlicher Aktivität auf verschiedene Arten von Krebs (z. B. Sun, Shi, Gao & Xu, 2012; Wolin, Yan, Colditz & Lee, 2009; Wu, Zhang & Kang, 2013) und auf kardiovaskuläre Risikofaktoren (z.B. Andersen et al., 2011; Chillón et al., 2012; Gordon-Larsen et al., 2009).

Bei einer Nutzen-Kosten-Betrachtung der Einführung einer obligatorischen Fahrradhelmpflicht wirken sich induzierte Rückgänge der Fahrradnutzung als Kosten wegen einer Verringerung des Nutzens durch den reduzierten Gesundheitseffekt des Radfahrens aus. Ziel dieses Kapitels ist es, die Befunde zu sichten, die eine quantitative Berechnung des Gesundheitsnutzens des Fahrradfahrens ermöglichen. Rein qualitative Befunde oder Berechnungen, die nicht in monetäre Werte übersetzbar sind, werden nur am Rande betrachtet.

Wie bei anderen körperlichen Aktivitäten wirkt sich eine körperliche Aktivität durch Fahrradfahren bei geringer Grundaktivität relativ stärker auf die Gesundheit aus, als bei höherer Grundaktivität (Woodcock, Franco, Orsini, & Roberts, 2011). Das heißt, dass sich bei Personen, die körperlich anderweitig aktiv sind, zusätzliches Fahrradfahren weit weniger positiv auf die Gesundheit auswirkt, als bei Personen, die ansonsten nicht körperlich aktiv sind.

Ein Modell zur Berechnung der mit allgemeiner (mäßiger) körperlicher Aktivität einhergehenden Reduzierung der Sterberate leiten Woodcock et al. (2011) aus 22 Studien mit insgesamt über einer Million Probanden in einem Alter größer 20 ab. Sie errechnen eine Dosis-Wirkungsbeziehung wie sie

in Abbildung 78 dargestellt ist. Nach diesen Berechnungen lässt sich das relative Sterberisiko durch Bewegung bis zu 33 % senken.

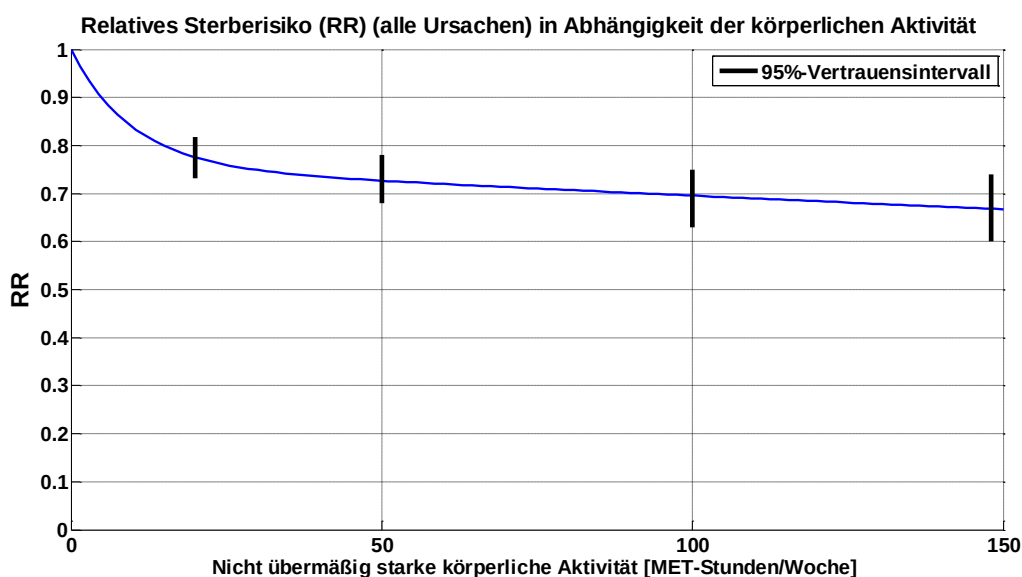


Abbildung 78: Relatives Risiko der Sterblichkeit in Abhängigkeit der wöchentlichen Dosis körperlicher Aktivität nach Woodcock et al. (2011), abgeleitet aus 22 Studien. Dargestellt ist der mittlere Verlauf und 95 %-Vertrauensintervalle.

Nur wenige qualitativ hochwertige Studien beziehen sich speziell auf die Auswirkungen von Radfahren auf die Gesundheit. In einigen Studien werden Querschnittsstudien durchgeführt, das heißt in den Studien wird eine große Anzahl von Personen zu lediglich einem Zeitpunkt nach Radfahrge-  
wohnheiten und dem Gesundheitszustand befragt und daraus dann Schlüsse über Zusammenhänge zwischen diesen abgeleitet (z.B. Andersen et al. 2009; Cooper et al., 2006; Wen & Rissel, 2008). Oja et al. (2010) identifizieren in ihrer Metanalyse vier Querschnittsstudien und fünf prospektive Kohortenstudien und Fall-Kontrollstudien. Oja et al. (2010) konstatieren aber: „die wissenschaftliche Evidenz aus Querschnitts-, Fall-Kontroll- und Kohortenstudien ist eingeschränkt, da diese Studientypen den Beweis einer direkten Kausalität nicht erbringen können, sondern immer nur auf einen möglichen Zusammenhang zwischen der regelmäßigen Benützung des Fahrrades und verschiedenen Maßen wie körperliche Fitness, Morbidität oder Mortalität hinweisen können“.

Um die Auswirkungen von Radfahren auf die Gesundheit valide beurteilen zu können, ist die Verwendung eines Längsschnittdesigns<sup>60</sup> oder besser eine Interventionsstudie anzustreben, bei denen eindeutige Rückschlüsse auf die Kausalzusammenhänge möglich sind. Dieser Ansicht sind auch Oja et al. (2010) und fordern Interventionsstudien, um Ursache und Wirkung nachweisen zu können. Allerdings sind die Versuchspersonenzahlen bei diesen Studien um Größenordnungen kleiner als bei den Kohortenstudien. Oja et al. (2010) analysieren vier Studien, in denen jeweils nur 60 bis 120 Probanden beteiligt waren<sup>61</sup>.

Im Hinblick auf das oben genannte Ziel der Identifikation von quantitativ auswertbaren Studien, ist eine neuere Veröffentlichung von (Kelly, et al., 2014) besonderer Bedeutung. Die Autoren analysie-

<sup>60</sup> Untersuchen einer Stichprobe zu mehreren Messzeitpunkten über einen längeren Zeitraum hinweg

<sup>61</sup> Zum Vergleich: In der prospektiven Studien von Matthews, 2007, waren 67.143 Frauen aus Shanghai beteiligt.

ren in ihrer Metastudie 18 Ergebnisse aus 14 Studien, die die Auswirkung des Zufußgehens auf die Gesamtsterblichkeit und 8 Ergebnisse aus 7 Studien, die die Auswirkung des Fahrradfahrens auf die Gesamtsterblichkeit untersuchen. Von den 7 Fahrradfahrstudien<sup>62</sup> wurden 4 in Dänemark, und jeweils eine in Deutschland, Großbritannien und China durchgeführt. In den untersuchten sieben Fahrradstudien waren insgesamt 187.000 Versuchspersonen im Alter zwischen 20 und 93 Jahre beteiligt. Nicht alle Studien lieferten signifikante Ergebnisse wurden aber dennoch teilweise verwertet. In Kapitel 4.4, S. 174ff werden wir näher auf die Ergebnisse der Metaanalyse eingehen und als Grundlage für die eigenen Berechnungen heranziehen.

Im Folgenden werden Studien betrachtet, die speziell die Auswirkungen von Radfahren auf die Gesundheit untersuchen und zudem ein geeignetes Studiendesign aufweisen.

#### 4.2.1 Gesamtmortalität

Es werden im Weiteren vier prospektive Studien vorgestellt, die den Einfluss von Radfahren auf die Gesamtmortalität untersuchen; Tabelle 43, S. 141 fasst diese zusammen. Die Stichproben bestehen – mit variierenden Altersspannen – aus Erwachsenen mittleren und höheren Alters und die Stichprobengrößen schwanken zwischen etwa 7.000 und 70.000. Alle Studien kontrollieren mindestens das Alter, das Geschlecht, Bildungsstand/ soziale Klasse, Rauchen und andere körperliche Aktivitäten als Radfahren; weitere Faktoren sowie die Operationalisierung von Radfahren variieren je nach Untersuchung. In allen Untersuchungen spielt die Mortalität auf Grund von Unfällen mit dem Fahrrad keine Rolle, weil die Versuchspersonenzahlen nicht groß genug waren, um statistisch nur einen einzigen tödlichen Unfall zu erfassen.

Andersen et al. (2000) fragten 20- bis 90-jährige, vorrangig männliche Dänen, ob sie mit dem Fahrrad zur Arbeit fahren (ja/nein). Neben den oben genannten Faktoren kontrollierten sie zusätzlich den BMI, Blutfettwerte und Blutdruck. Sie verfolgten die Mortalität der Probanden über durchschnittlich 14,5 Jahren und fanden ein verringertes Sterberisiko für Radfahrer: Das Risiko für diese zu sterben war für den untersuchten Zeitraum 28 % geringer als bei Nicht-Radfahrer (relative Risiko (RR): 0,72, zur Erklärung des RR siehe Exkurs „Hazard Ratio und relatives Risiko“, S. 135).

Das Radfahrverhalten von Frauen aus Shanghai (40 bis 70 Jahre) betrachteten Matthews et al. (2007). Sie erfragten die Dauer des Radfahrens in den letzten fünf Jahren und ordneten die Probanden auf Grundlage ihrer Angaben einer von drei Kategorien zu: kein Radfahren, 0,1 bis 3,4 oder > 3,4 MET h/Tag<sup>63</sup>. Sie begleiteten ihre 67.143 Probanden für durchschnittlich 5,7 Jahre und erhoben eine Vielzahl zusätzlicher Kontrollvariablen, wie zum Beispiel Alkoholkonsum, verschiedene chronische Erkrankungen oder die Einnahme oraler Empfängnisverhütungsmittel. Es zeigte sich, dass das Hazard Ratio (HR; Exkurs „Hazard Ratio und relatives Risiko“, S. 135) für Personen der mittleren Kategorie im Vergleich zu Nicht-Radfahrern bei 0,79 und jenes für Personen der höchsten Kategorie im Vergleich

---

<sup>62</sup> Johnsen et al. (2013), Sahlqvist et al. (2013), Andersen et al. (2011), Besson et al. (2008), Schnohr et al. (2012), Andersen et al. (2000), Matthews et al. (2007).

<sup>63</sup> MET = Metabolisches Äquivalent – Angabe des Energieverbrauches einer körperlichen Aktivität, Beispiele: 1 = ruhiges Liegen, 2 = Kochen, 3 = Spazieren gehen (ca. 4 km/h), 4 = Golfspielen. 1 MET h/Tag ist etwa vergleichbar mit 15 min Radfahren pro Tag (vgl. Matthews et al., 2007).

zu Nicht-Radfahrern bei 0,66 liegt. Die Verringerung des Sterberisikos war jeweils signifikant ( $p < 0,05$ ).

Im Gegensatz dazu fanden Besson et al. (2008) keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Radfahren und der Gesamtmortalität. Sie ordneten ihre 14.903 britischen Probanden den Kategorien Nicht-Radfahrer, Radfahren  $\leq 30$  min oder  $> 30$  min pro Woche zu. Die Angaben bezogen sich jeweils auf das letzte Jahr. Die HRs der Vergleiche von  $\leq 30$  min und  $> 30$  min pro Woche jeweils mit Nicht-Radfahrern waren nicht signifikant. Grund dafür könnte die Wahl der Kategorien sein. Die Abstufungen sind womöglich nicht geeignet, um Unterschiede aufzudecken, da sie zu gering sind.

## Exkurs Hazard Ratio und relatives Risiko

Das Hazard ist die zu einem bestimmten Zeitpunkt (und damit für eine definierte Zeitspanne) bestehende Rate eines Ereignisses (z. B. Tod) für eine untersuchte Gruppe. Das Hazard Ratio (HR) ist der Quotient aus den Hazards zweier Gruppen, es gibt damit das Verhältnis der Ereignisraten der beiden Gruppen an. Anders ausgedrückt ist es die Wahrscheinlichkeit, mit der bei einer Person in einem bestimmten Zeitraum das Ereignis auftritt.

Das HR ist nicht mit dem relativen Risiko (RR) identisch, da es anderes berechnet wird, kann jedoch gleich interpretiert werden. Das RR gibt das Ereignisrisiko von exponierten zu nicht exponierten Personen an und kann einfach ermittelt werden, indem das Risiko der exponierten Personen durch jenes der nicht exponierten Personen dividiert wird:

$$RR = \frac{\text{Anzahl Exponierter mit Ereignis} / \text{Anzahl Exponierter gesamt}}{\text{Anzahl Nichtexponierter mit Ereignis} / \text{Anzahl Nichtexponierter gesamt}}$$

Das HR dagegen ist aufwendiger zu bestimmen, da es die Zeitspanne mit in die Berechnung einbezieht. Das RR wird in der Regel am Ende einer Studie (zu Beginn der Studie definierter Zeitpunkt) berechnet und bezieht sich auf die mittlere Dauer der Studie. Das HR dagegen repräsentiert das Risiko für eine bestimmte Zeitspanne, die auch ein Teilausschnitt der gesamten Studie sein kann.

Die Interpretationen von HR und RR sind – bis auf den Einbezug des Zeitraums beim HR – identisch: Ein Wert von 1 bedeutet, dass die Raten in beiden Gruppen gleich sind. Ein Wert  $HR > 1$  sagt aus, dass das Risiko für das Ereignis (HR: in einer bestimmten Zeit) in der beobachteten Gruppe größer ist als in der Referenzgruppe. Bei einem Wert  $< 1$  ist das Risiko für die Untersuchungsgruppe geringer. Beispiel: Ist das Sterberisiko von Rauchern im Vergleich zu Nichtrauchern (HR: innerhalb von 10 Jahren) erhöht? Ein Wert von 1,4 bedeutet zum Beispiel, dass die Raucher ein 1,4-mal so hohes Sterberisiko besitzen wie die Nichtraucher bzw. dass dieses um 40 % erhöht ist.

Größere Kategorieunterschiede und ähnlich lange Nachlaufzeiten wie bei Andersen et al. (2000) findet man bei der Untersuchung von Sahlqvist et al. (2013). Sie führten zwei separate Erhebungen an unterschiedlichen Stichproben (zwischen 13000 und 22000) in Großbritannien durch, wobei sie erstere nach ihrer mit Radfahren verbrachten Zeit (Kategorien: 0, 1-59,  $\geq 60$  min/Woche) und letztere nach der Häufigkeit und/oder gefahrenen Strecke für verschiedene Arten des Radfahrens (z.B. Berufspendeln, freizeitliches Rad sowie Gesamtwert) bezogen auf das vergangene Jahr fragten. Es zeigte sich, dass Radfahren  $\geq 60$  min/Woche signifikant ( $p < 0,05$ ) mit einer – allerdings geringen –

Reduktion der Gesamtmortalität zusammenhängt (HR: 0,91). Dagegen war der Zusammenhang zwischen verschiedenen Arten des Radfahrens sowie des Gesamtwertes und der Gesamtsterblichkeit nicht signifikant. Sahlqvist et al. (2013) selbst mutmaßen, dass das nicht signifikante Ergebnis für die zweite Erhebung durch die im Vergleich zur ersten Erhebung geringere Probandenzahl und Nachlaufzeit und der daraus resultierenden verminderten Power zu erklären sein könnte.

Die Ergebnisse der erwähnten Studien quantifizieren die positiven Auswirkungen des Radfahrens auf eine reduzierte Gesamtmortalität. Die Höhe der festgestellten Effekte variiert nach Operationalisierung. Es sollte zudem bedacht werden, dass das Radfahrverhalten immer lediglich zu einem Zeitpunkt erfragt wurde, wobei die Probanden allerdings die durchschnittlichere Radnutzung über ein gesamtes Jahr hinweg angeben sollten. Dennoch ist denkbar, dass sich dieses im Laufe der nachfolgenden Jahre bis zum Ende der Nachlaufzeit (wobei diese teilweise mit dem Tod des Probanden erreicht wurde) verändert hat. Diese Veränderungen wurden nicht erfasst. Matthews und Kollegen (2007) wählten eine größere Zeitspanne: Sie fragten ihre Probanden nach ihrem Radfahrverhalten der letzten 5 Jahre. Hierdurch lassen sich besser Gewohnheiten feststellen und Veränderungen dieser werden miterfasst. Auch die große Anzahl an Probanden sowie die zahlreichen Kontrollvariablen sind positiv anzumerken, jedoch ist die Nachlaufzeit im Vergleich zu den anderen beschriebenen Untersuchungen eher gering.

## Exkurs DALY

DALY (disability-adjusted life years) ist ein Gesundheitsmaß, welches die Bedeutung von Erkrankungen für die Gesellschaft vermitteln soll. Es drückt den durch eine Krankheit entstehenden Verlust an Lebensjahren durch vorzeitigen Tod (YLL – Years of Life Lost) und die mit Behinderung verbrachten Lebensjahre (YLD – Years lived with Disability) in einer gemeinsamen Zahl aus.

DALY berechnet sich aus der Summe von YLL und YLD. Dabei ist YLL das Produkt aus der Anzahl der Todesfälle und der ohne Tod verbliebenen Lebenserwartung und YLD das Produkt aus Anzahl der Fälle, der Schwere der Behinderung und der mittleren Dauer der Behinderung bis zur Genesung oder bis zum Tod. 1 DALY kann als Verlust eines gesunden Lebensjahres angesehen werden. Die größte Krankheitslast für Deutschland besitzen ischämische Herzerkrankungen und Rückenschmerzen mit 2,5 Mio bzw. 2,1 Mio DALY (Plass, Vos, Hornberg, Scheidt-Nave, Zeeb, & Krämer, 2014). Würde niemand in Deutschland an Rückenschmerzen leiden, würde die deutsche Bevölkerung insgesamt 2,1 Mio Jahre länger gesund leben.

Der Nachteil vom DALY-Konzept ist, dass die Gesamtwirkung linear mit dem Alter fällt, weil der Tod an der Restlebenszeit relativiert wird. Das bedeutet eine starke Abwertung des Lebens Älterer, insbesondere der Hochbetagten. Für Personen über dem erwarteten Höchstalter kann – je nach Berechnung – der Wert des Lebens zu null werden. Es gibt bis heute keine einheitlich etablierte Methode der altersgerechten Bewertung von DALYs und noch keine allgemein akzeptierten Ansätze zur Monetarisierung – insbesondere für Deutschland (Müller-Wenk & Hofstetter, 2003).

### 4.2.2 Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Zu den Herz-Kreislauf-Erkrankungen zählen zum Beispiel der Schlaganfall, Herzinfarkt oder die koronare Herzkrankheit. Laut Statistischem Bundesamt (2015) waren im Jahr 2013 eine Durchblutungs-



störung des Herzmuskels sowie ein Herzinfarkt die häufigsten Todesursachen. Dabei kann schon ein Energiemehrverbrauch von 1000 kcal pro Woche das Herzinfarktrisiko um 25 % mindern (Härtel, Gesundheitsfaktor Fahrrad, 2013). Dieser wird zum Beispiel erreicht, wenn ein Arbeitsweg von 5 km täglich mit dem Rad zurückgelegt wird (Geschwindigkeit von 15 km/h) (Härtel, Gesundheitsfaktor Fahrrad, 2013).

Hoevenaar-Blom, Wendel-Vos, Spijkerman, Kromhout und Verschuren (2011) fanden in einer prospektive Studie einen Zusammenhang zwischen Radfahren und dem Ereignis einer Herz-Kreislauf-Erkrankung (Auftreten einer Erkrankung oder Tod durch diese). Sie befragten 20- bis 65-jährige Niederländer nach der Dauer freizeithlichen Radfahrens pro Woche (siehe Tabelle 44, S. 142). Bei einer mittleren Nachlaufzeit von 9,8 Jahren zeigte sich ein inverser Zusammenhang zwischen Radfahren und dem Ereignis einer Herz-Kreislauf-Erkrankung, wobei das HR für Radfahren bis 3,5 h/Woche im Vergleich zu 0 h/Woche bei 0,82 lag. Mehr als 3,5 h/ Woche brachten keinen zusätzlichen Nutzen.

Tanesescu untersucht mit einer Nachlaufzeit von 12 Jahren und der Kontrolle zahlreicher möglicher konfundierender Faktoren das RR einer koronaren Herzerkrankung durch Radnutzung (0, < 0,5, 0,5-1,  $\geq 1$  Stunde pro Woche). Positiv hervorzuheben ist, dass Tanasescu und nicht lediglich einen Erhebungszeitpunkt für die Radnutzung wählten, sondern ihre Befragung im Zweijahresrhythmus wiederholten. So konnte ein verändertes Radnutzungsverhalten erfasst werden. Obgleich die Stichprobengröße mit N = 44.452 sehr hoch ist, ist die Repräsentativität für gleichaltrige Amerikaner nicht gegeben, da die Stichprobe aus männlichen Fachkräften des Gesundheitswesens bestand. Gerade Personen, die im Gesundheitssektor arbeiten, könnten – unabhängig von ihrem Radfahrverhalten – für eine gesunde Lebensführung sensibilisiert sein, wodurch sich Unterschiede im Radfahrverhalten nicht bemerkbar machen. Jedoch wurden zahlreiche konfundierende Faktoren kontrolliert, zu denen unter anderem Alkoholkonsum, Rauchen und die Nährstoffaufnahme zählten. Tanasescu et al. bemerken, dass die Schwankungen in der Exposition sehr gering waren; so fuhren nur 7 % der Kohorte mehr als eine Stunde pro Woche Rad. Zudem vermuten sie, dass einige Probanden lediglich mit einer geringen Intensität Rad fuhren, wodurch die Unterschiede in den vier Kategorien verschwimmen.

Auch Besson et al. (2008) sowie Sahlqvist et al. (2013) betrachteten neben der Gesamtmortalität (siehe oben) ebenso die Auswirkungen von Radfahren auf den Tod durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen (siehe Tabelle 44, S. 142).

Besson et al. (2008) Sahlqvist et al. (2013) fanden ebenso wie Tanasescu et al. im Jahr 2002 (siehe Tabelle 44, S. 142.). keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Radfahren und dem Tod durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Eine mögliche Erklärung könnte die ungünstige Wahl der Kategorien sein. Eine als Entscheidungskriterium zugrunde gelegte Fahrleistung unter einer Stunde/Woche hebt sich kaum vom allgemeinen Aktivitätsniveau ab.

Die Befunde zur Auswirkung von Radfahren auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind inkonsistent. Ein Zusammenhang von Radnutzung zu einer Verringerung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen konnte nur dort festgestellt werden, wo eine hinreichende Dauer und Intensität des Radfahrens in den Stichproben betrachtet wurde.

### 4.2.3 Krebserkrankungen

Mit einem Fall-Kontroll-Studiendesign verglichen Hou et al. (2004) Darmkrebspatienten aus Shanghai mit gesunden Personen, wobei sie diese nach ihren Radfahrgewohnheiten (Berufspendeln) in verschiedenen Phasen ihres Lebens fragten (20-29, 30-44, 45-54 und  $\geq 55$  Jahre) (siehe Tabelle 45, S. 144). Neben gängigen Variablen wie Alter, Bildung und Haushaltseinkommen wurden auch der Konsum von rotem Fleisch, Karotin und Ballaststoffen zur Kontrolle erhoben. Nicht erfasst wurden hingegen die ebenfalls möglicherweise konfundieren Variablen Rauchen und Alkoholkonsum. Mit steigender Radfahrdauer zeigte sich eine signifikant ( $p < 0,001$ ) reduzierte Wahrscheinlichkeit für eine Erkrankung an Darmkrebs.

In der oben beschriebenen Studie von Matthews et al. (2007), die mit 67.143 Frauen aus Shanghai durchgeführt wurde, wurde neben der Gesamtsterblichkeit auch der Tod durch eine Krebserkrankung betrachtet (siehe Tabelle 43). Auch hier wurde für Radfahrer gegenüber Nicht-Radfahrern ein signifikant (keine Angabe über das Signifikanzniveau) verringertes Sterberisiko aufgedeckt: Das HR für Personen, die 0,1-3,4 MET h/Tag Rad fahren, gegenüber Nicht-Radfahrern betrug bei 0,82. Bei einer gesteigerten Radfahrtätigkeit von  $>3,4$  MET h/Tag sinkt das HR sogar auf 0,55.

Auch Sahlqvist et al. (2013) untersuchten den Zusammenhang zwischen Radfahren und dem Tod durch eine Krebserkrankung, fanden diesen jedoch nicht signifikant war (siehe Tabelle 45, S. 144). Auch hier kommt womöglich die zu eng gesteckten Kategorien der Studien für die Radnutzung zum Tragen. Dabei war die mittlere Nachlaufzeit im Vergleich zur Untersuchung von Matthews et al. (2007) mehr als doppelt so lang. Zudem betrachteten Sie sowohl Männer als auch Frauen.

### 4.2.4 Methodische Relativierung

Die einzelnen Studien sind aufgrund differierender Quantifizierung von Radnutzung und der Erfassung des Nutzungsverhaltens sowie der Wahl unterschiedlicher Kontrollvariablen mitunter schwer vergleichbar. Weiterhin sei darauf hingewiesen, dass nahezu alle dargestellten prospektiven Studien lediglich Erwachsene im mittleren und höheren Alter untersuchten. Eine Ausnahme bildet hier nur die Untersuchung von Hoevenaar-Blom et al. (2011), der 20- bis 65-Jährige betrachtete. Es gibt keine Befunde für Jugendliche oder Kinder; um diese zu erhalten, wäre entweder eine jahrzehntelange Nachlaufzeit oder ein retrospektives Studiendesign vonnöten, wobei bei letzterem auf das korrekte Erinnerungsvermögen der Probanden vertraut werden müsste.

Nahezu alle in den Studien untersuchten Variablen wurden durch Selbstauskünfte erhoben. Selbstauskünfte können immer durch soziale Erwünschtheit – sei es Fremd- oder unbewusste Selbsttäuschung – beeinflusst sein. Zudem können Erinnerungs- oder Schätzungsfehler stattfinden. Es muss zudem bedacht werden, dass Radfahren eine selbstgewählte Tätigkeit ist und nicht zur Untersuchung ihrer Wirkung auf die Gesundheit einer Stichprobe auferlegt wurde. Es ist daher, wie schon erwähnt, davon auszugehen, dass die Affinität zum Radfahren mit weiteren gesundheitsrelevanten Faktoren verknüpft ist. Zwar versuchten alle Studien möglichst viele dieser Faktoren durch Kontrollvariablen zu erfassen, jedoch ist nicht auszuschließen, dass lediglich Korrelationen und keine Kausalitäten erfasst wurden. Die für die vorliegende Studie wichtige Fragestellung, wie sich ein Rückgang der Fahrradfahrleistung oder ein Verzicht auf das Fahrradfahren gesundheitlich auswirkt, wurde nicht untersucht.

Alle vorliegenden Untersuchungen ermitteln nur die vermiedenen Todesfälle durch Radfahren. Vermiedene Krankheitskosten können aufgrund fehlender Theorien aktuell nicht berechnet werden.

#### 4.2.5 Fazit und Ableitung von Ergebnissen für die quantitative Analyse

Die Darstellung der Einzelstudien zeigt, dass es nur wenige Studien gibt, die speziell die quantitative Wirkung des Fahrradfahrens betrachten. Die Ergebnisse sind nicht alle signifikant und liefern große Unterschiede im Ergebnis. Tabelle 42, S. 140 fasst die Befunde für alle untersuchten Variablen zusammen. Einzig die Studienergebnisse zu Auswirkungen von Radfahren auf die Gesamtmortalität sind relativ eindeutig: Fahrradfahrer sterben weniger häufig.

Die entsprechenden Studien scheinen für die quantitative Bewertung der Gesamtsterberate in Folge des Radfahrens geeignet zu sein, auch wenn ein expliziter Nachweis der Kausalität zwischen Gesamtmortalität und Fahrradnutzung nicht immer erfolgt. Zum gleichen Schluss kommen auch Sieg (2014) bei der quantitativen Berechnung der Auswirkungen einer obligatorischen Fahrradhelmpflicht, die Weltgesundheitsorganisation bei der Entwicklung des HEAT (Health Economic Assessment Tool), das als Online-Tool die Berechnung des gesundheitlichen Nutzens des Radfahrens und Zu Fuß Gehens ermöglicht (Kahlmeier, et al., 2014) und das österreichische Projekt BikeRisk (Pfaffenbichler, Unterpertinger, Lechner, Simader, & Bannert, 2011). Eine genaue Schätzung des Dosis-Wirkungs-Zusammenhangs kann aus der oben schon erwähnten Metastudie (Kelly, et al., 2014) abgeleitet werden. Kelly und Kollegen analysieren die oben erwähnten sieben relevanten Studien und können daraus 20 unterschiedliche RR-Werte ableiten. Daraus leiten die Kelly und Kollegen die in Abbildung 79 dargestellten Werte (mit Vertrauensintervallen) ab.

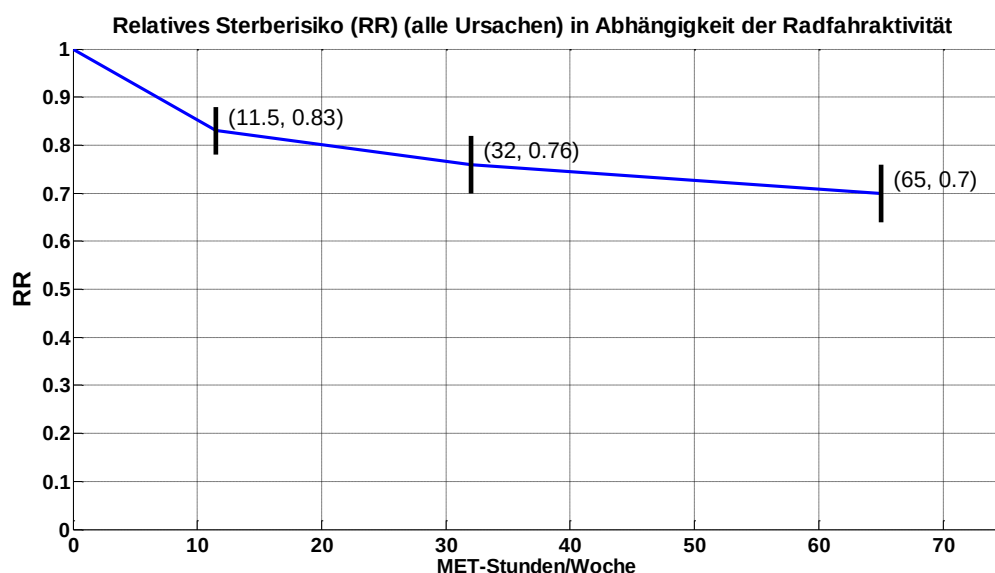


Abbildung 79: Relatives Risiko der Sterblichkeit in Abhängigkeit der wöchentlichen Dosis des Radfahrens nach Kelly et al., 2014 abgeleitet aus 7 Studien mit zusammen 20 Einzelergebnissen.

Neben der Abbildung der Gesundheitswirkung über die Veränderung in der Sterberate, kann man die Gesundheitswirkung noch über andere Maße quantifizieren. Über das Konzept der DALYs (zur

Erklärung siehe Exkurs DALY, S. 136) können auch Krankheitsauswirkungen und nicht nur der Tod in die Betrachtung einbezogen werden.

Wegen der noch nicht vollständig entwickelten Theorien werden wir uns im Weiteren (Kap. 4.4, S. 174) bei den eigenen Berechnungen zur Quantifizierung der negativen Gesundheitswirkung durch Rückgang des Radverkehrs an dem Vorgehen der WHO im HEAT-Tool orientieren und auf die Ergebnisse von Kelly et al. (2014) und Woodcock et al. (2011) zurückgreifen, in denen die Gesundheitswirkung durch die Veränderung der Mortalitätsrate abgebildet wird.

*Tabelle 42: Übersicht der Befunde zu Auswirkungen von Radfahren auf die Gesundheit (alphabetische Reihenfolge).*

| <b>Untersuchte Variable</b> | <b>Operationalisierung Radfahren</b>                               | <b>Schutzwirkung Radfahren</b>                                                                                                                            | <b>Autor, Jahr</b>     |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Gesamt mortalität           | Radfahrer: ja/nein                                                 | RR: 0,72                                                                                                                                                  | Andersen, 2000         |
|                             | 0, ≤ 30, > 30 min/ Woche                                           | Keine                                                                                                                                                     | Besson, 2008           |
|                             | 0, 0,1-3,4, > 3,4 MET h/Tag                                        | 0,1-3,4 MET h/Tag: HR: 0,79<br>>3,4 MET h/Tag: HR: 0,66                                                                                                   | Matthews, 2007         |
|                             | 0, 1-59, ≥ 60 min/ Woche                                           | ≥ 60 min/ Woche: HR: 0,91                                                                                                                                 | Sahlqvist, 2013        |
| Herz-Kreislauf-Erkrankungen | 0, ≤ 30, > 30 min/ Woche                                           | Keine                                                                                                                                                     | Besson, 2008           |
|                             | 0, > 0-3,5, ≥ 3,5 h/ Woche                                         | > 0-3,5 h/ Woche: HR: 0,82*                                                                                                                               | Hoevenaars-Bloom, 2010 |
|                             | 0, 1-59, ≥ 60 min/ Woche                                           | keine                                                                                                                                                     | Sahlqvist, 2013        |
|                             | 0, < 0,5, 0,5-1, ≥ 1 h/ Woche                                      | keine                                                                                                                                                     | Tanasescu, 2002        |
| Krebserkrankungen           | Radfahren zur Arbeit: Anzahl der Tage pro Woche, tägliche Fahrzeit | Signifikant reduzierte Wahrscheinlichkeit von Darmkrebs mit steigender Radfahrdauer<br>> 2h/ Tag vs. > 30 min/ Tag:<br>OR Männer: 0,41<br>OR Frauen: 0,44 | Hou, 2004              |
|                             | 0, 0,1-3,4, > 3,4 MET h/Tag                                        | 0,1-3,4 MET h/Tag: HR: 0,82<br>>3,4 MET h/Tag: HR: 0,55                                                                                                   | Matthews, 2007         |
|                             | 0, 1-59, ≥ 60 min/ Woche                                           | keine                                                                                                                                                     | Sahlqvist, 2013        |

\* keine Aussage über Signifikanz

*Tabelle 43: Übersicht der Studien (alphabetische Reihenfolge), die die Auswirkungen von Radfahren auf die Gesamtmortalität untersuchen.*

| <b>Autor, Jahr</b> | <b>Studiendesign</b>                                                                                       | <b>Stichprobe</b>                                                 | <b>Erhebungsmethode</b>                                                                                                                                                   | <b>Kontrollvariablen</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>Ergebnis</b>                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Andersen, 2000     | Prospektive Studie mit mittlerer Nachlaufzeit von 14,5 Jahren                                              | 20-90-jährige Dänen, N = 6954 (783 w, 6171 m)                     | Selbstauskünfte über Radfahren zur Arbeit (ja/nein)                                                                                                                       | Alter, Geschlecht, Bildungsstand, körperliche Aktivität in der Freizeit, BMI, Blutfettwerte, Rauchen, Blutdruck                                                                                                                               | RR für Radfahrer im Vergleich zu Nicht-Radfahrern: 0,72 (CI 0,57-0,91)                                                                                                                                                    |
| Besson, 2008       | Prospektive Studie mit mittlerer Nachlaufzeit von 7 Jahren                                                 | 45-79-jährige Briten, N = 14903                                   | Selbstauskünfte über Radfahren als Transportmittel in Minuten pro Woche bezogen auf das letzte Jahr, Einteilung in drei Kategorien: Nicht-Radfahrer, ≤ 30, > 30 min/Woche | Ausgangsalter (Baseline), Geschlecht, soziale Klasse, Alkoholkonsum, Rauchen, Diabetes, Krebs, Herz-Kreislauf-Erkrankung, Schlaganfall, körperliche Aktivität                                                                                 | HRs:<br>≤ 30 min/Woche gegenüber Nicht-Radfahrern: 1,2 (CI 0,77-1,35), nicht signifikant<br>> 30 min/Woche gegenüber Nicht-Radfahrern: 1,01 (CI 0,76-1,36), nicht signifikant                                             |
| Matthews, 2007     | Prospektive Studie mit mittlerer Nachlaufzeit von 5,7 Jahren                                               | Frauen aus Shanghai zwischen 40 und 70 Jahren, N = 67143          | Selbstauskünfte über Fahrzeit (während der letzten 5 Jahre), eingeteilt in 3 Kategorien: 0, 0,1-3,4 und >3,4 MET h/Tag                                                    | Alter, Familienstand, Bildungsstand, Haushaltseinkommen, Rauchen, Alkoholkonsum, Anzahl Schwangerschaften, Einnahme oraler Empfängnisverhütungsmittel, Menopausenstatus, sonstige körperliche Aktivität, verschiedene chronische Erkrankungen | HR für Personen der mittleren Kategorie gegenüber solchen, die nie Rad fahren: 0,79 (signifikant, p < 0,05)<br>HR für Personen der höchsten Kategorie gegenüber solchen, die nie Rad fahren: 0,66 (signifikant, p < 0,05) |
| Sahlqvist, 2013    | Prospektive Studie mit mittlerer Nachlaufzeit von 15,3 Jahren (1. Erhebung) bzw. 11,5 Jahren (2. Erhebung) | 40-79-jährige Briten, 1. Erhebung N = 22450 2. Erhebung N = 13346 | 1. Erhebung: Selbstauskünfte über wöchentliches Radfahren in Minuten pro Woche<br>Bildung von 3 Kategorien: 0, 1-59 und ≥ 60 min/Woche<br><br>2. Erhebung:                | Alter, Geschlecht, Bildungsstand, soziale Klasse, Rauchen, familiäre Historie von Krebs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, zeitlicher Umfang von Gehen und anderen Aktivitäten,<br><br>(in weiteren Modellen, de-                              | 1. Erhebung:<br>Radfahren ≥ 60 min/Woche hängt signifikant (p < 0,05) mit Reduktion der Gesamtmortalität zusammen: HR: 0,91 (CI 0,84-0,99)<br><br>2. Erhebung:                                                            |

| <b>Autor, Jahr</b> | <b>Studiendesign</b> | <b>Stichprobe</b> | <b>Erhebungsmethode</b>                                                                                                               | <b>Kontrollvariablen</b>                                                                                                                 | <b>Ergebnis</b>                                                                                                             |
|--------------------|----------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |                      |                   | Selbstauskünfte über Häufigkeit der Nutzung und/oder gefahrene Strecke verschiedener Arten des Radfahrens bezogen auf das letzte Jahr | ren Ergebnisse sich jedoch nicht von den berichteten unterschieden: Alkoholkonsum, Kalorienzufuhr, Medikamenteneinnahme, Typ-2-Diabetes) | nicht signifikanter Zusammenhang zwischen den verschiedenen Arten des Radfahrens (sowie Gesamtwert) und Gesamtsterblichkeit |

*Anmerkung.* BMI = Body Mass Index; CI = 95 %-Konfidenzintervall; RR = relatives Risiko; HR = Hazard Ratio; MET = Metabolisches Äquivalent – Angabe des Energieverbrauchs einer körperlichen Aktivität, Beispiele: 1 = ruhiges Liegen, 2 = Kochen, 3 = Spazieren gehen (ca. 4 km/h), 4 = Golfspielen; DALY= „disability-adjusted life years“

*Tabelle 44: Übersicht der Studien (alphabetische Reihenfolge), die die Auswirkungen von Radfahren auf die Inzidenz von oder den Tod durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen untersuchen.*

| <b>Autor, Jahr</b>   | <b>Studiendesign</b>                                         | <b>Stichprobe</b>                                      | <b>Erhebungsmethode</b>                                                                                                                                                           | <b>Kontrollvariablen</b>                                                                                                                                             | <b>Ergebnis</b>                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Besson, 2008         | Prospektive Studie mit mittlerer Nachlaufzeit von 7 Jahren   | 45-79-jährige Briten, N = 14903                        | Selbstauskünfte über Radfahren als Transportmittel in Minuten pro Woche bezogen auf das letzte Jahr, Einteilung in drei Kategorien: Nicht-Radfahrer, $\leq 30$ , $> 30$ min/Woche | Ausgangsalter (Baseline), Geschlecht, soziale Klasse, Alkoholkonsum, Rauchen, Diabetes, Krebs, Herz-Kreislauf-Erkrankung, Schlaganfall, andere körperliche Aktivität | HR für Tod durch Herz-Kreislauf-Erkrankung:<br><br>$\leq 30$ min/Woche gegenüber Nicht-Radfahrern: 0,81 (CI 0,47-1,4), nicht signifikant<br><br>$> 30$ min/Woche gegenüber Nicht-Radfahrern: 0,72 (CI 0,39-1,33), nicht signifikant |
| Hoevenaer-Blom, 2010 | Prospektive Studie mit mittlerer Nachlaufzeit von 9,8 Jahren | 20-64-jährige Niederländer, N = 16442 (8991 w, 7451 m) | Selbstauskünfte über freizeitliches Radfahren pro Woche, Einteilung in drei                                                                                                       | Alter, Geschlecht, Bildungsstand, Alkoholkonsum, Rauchen, BMI, Gesamtcholeste-                                                                                       | Inverse Beziehung zwischen Radfahren und Ereignis einer Herz-Kreislauf-Erkrankung                                                                                                                                                   |

| <b>Autor, Jahr</b> | <b>Studiendesign</b>                                                                                       | <b>Stichprobe</b>                                                              | <b>Erhebungsmethode</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Kontrollvariablen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Ergebnis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |                                                                                                            |                                                                                | Kategorien: 0, > 0-3,5 und $\geq$ 3,5 h/Woche                                                                                                                                                                                                                                                                     | LDL- und HDL-Cholesterin, systolischer Blutdruck, sonstige körperliche Aktivität                                                                                                                                                                                                                                                                        | (Auftreten einer Erkrankung oder Tod durch diese),<br><br>HR für Radfahren bis 3,5 h/Woche im Vergleich zu 0 h/Woche: 0,82 (CI 0,71-0,95) signifikant                                                                                                                                   |
| Sahlqvist, 2013    | Prospektive Studie mit mittlerer Nachlaufzeit von 15,3 Jahren (1. Erhebung) bzw. 11,5 Jahren (2. Erhebung) | 40-79-jährige Briten, 1. Erhebung N = 22450 2. Erhebung N = 13346              | 1. Erhebung: Selbstauskünfte über wöchentliches Radfahren in Minuten pro Woche,<br><br>Bildung von 3 Kategorien: 0, 1-59 und $\geq$ 60 min/Woche<br><br>2. Erhebung:<br><br>Selbstauskünfte über Häufigkeit der Nutzung und/oder gefahrene Strecke verschiedener Arten des Radfahrens bezogen auf das letzte Jahr | Alter, Geschlecht, Bildungsstand, soziale Klasse, Rauchen, familiäre Historie von Krebs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, zeitlicher Umfang von Gehen und anderen Aktivitäten,<br><br>(in weiteren Modellen, deren Ergebnisse sich jedoch nicht von den berichteten unterscheiden: Alkoholkonsum, Kalorienzufuhr, Medikamenteneinnahme, Typ-2-Diabetes) | 1. Erhebung:<br><br>nicht signifikanter Zusammenhang zwischen Radfahren und Tod durch Herz-Kreislauf-Erkrankung<br><br>2. Erhebung:<br><br>nicht signifikanter Zusammenhang zwischen den verschiedenen Arten des Radfahrens (sowie Gesamtwert) und Tod durch Herz-Kreislauf-Erkrankung, |
| Tanasescu, 2002    | Prospektive Studie mit Nachlaufzeit von 12 Jahren                                                          | 40-75-jährige männliche US-amerikanische Fachkräfte des Gesundheitswesens, N = | Selbstauskünfte über durchschnittliche Dauer des Radfahrens pro Woche (0, < 0,5, 0,5-1, $\geq$ 1 h) bezogen auf das letzte Jahr, erhoben im Zwei-                                                                                                                                                                 | Alter, Alkoholkonsum, Rauchen, familiäre Myokardinfarkt-Historie, hohe körperliche Belastung, Nährstoffaufnahme, Diabetes (Baseli-                                                                                                                                                                                                                      | Nicht signifikant reduziertes RR für das Auftreten einer koronaren Herzkrankheit                                                                                                                                                                                                        |

| <b>Autor, Jahr</b> | <b>Studiendesign</b> | <b>Stichprobe</b> | <b>Erhebungsmethode</b> | <b>Kontrollvariablen</b>                                                                          | <b>Ergebnis</b> |
|--------------------|----------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                    |                      | 44452             | jahresrhythmus          | ne), hohe Cholesterinwerte (Baseline), Bluthochdruck (Baseline), sonstige körperliche Aktivitäten |                 |

Anmerkung. HR = Hazard Ratio; BMI = Body Mass Index; HDL-Cholesterin = High-Density- Lipoprotein-Cholesterin; CI = 95 %-Konfidenzintervall; RR = relatives Risiko.

*Tabelle 45: Übersicht der Studien (alphabetische Reihenfolge), die die Auswirkungen von Radfahren auf die Inzidenz von oder den Tod durch Krebserkrankungen untersuchen.*

| <b>Autor, Jahr</b> | <b>Studiendesign</b>                                         | <b>Stichprobe</b>                                                                                                                                                                          | <b>Erhebungsmethode</b>                                                                                                                                                                 | <b>Kontrollvariablen</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Ergebnis</b>                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hou, 2004          | Fall-Kontroll-Studie                                         | 30-74-jährige Einwohner aus Shanghai<br>Fälle: N = 931 (469 w, 462 m) während 22 Monate diagnostizierte Darmkrebspatienten<br>Kontrollgruppe: N = 1552, vom Alter und Geschlecht angepasst | Selbstauskünfte über Radfahrern zur Arbeit (Berufspendeln): Anzahl der Tage pro Woche und tägliche Fahrzeit für verschiedene Lebensabschnitte (20-29, 30-44, 45-54 und $\geq 55$ Jahre) | Alter, Bildung, Haushaltseinkommen, Familienstand, Gesamtenergieaufnahme, Konsum von rotem Fleisch, Karotin, Ballaststoff, Freizeitliche körperliche Aktivität, berufsbedingte körperliche Aktivität, Gehen; Frauen zusätzlich Anzahl Schwangerschaften und Menopausenstatus | Signifikant ( $p < 0,001$ ) reduzierte Wahrscheinlichkeit von Darmkrebs mit steigender Radfahrdauer<br>ORs von Darmkrebs von Personen, die $> 2$ h/Tag gegenüber jenen, die $< 30$ min/Tag Rad fahren:<br>Männer: 0,41 (CI 0,21-0,83)<br>Frauen: 0,44 (CI 0,12-0,89) |
| Matthews, 2007     | Prospektive Studie mit mittlerer Nachlaufzeit von 5,7 Jahren | Frauen aus Shanghai zwischen 40 und 70 Jahren, N = 67143                                                                                                                                   | Selbstauskünfte über Fahrzeit (während der letzten 5 Jahre), eingeteilt in 3 Kategorien: 0, 0,1-3,4 und $> 3,4$ MET h/Tag                                                               | Alter, Familienstand, Bildung, Haushaltseinkommen, Rauchen, Alkoholkonsum, Anzahl Schwangerschaften, Einnahme oraler Empfängnisverhütungsmittel, Menopausenstatus, sonstige körperliche Aktivität, ver-                                                                      | HR für Personen der mittleren Kategorie gegenüber solchen, die nie Rad fahren: 0,82 (signifikant)<br>HR für Personen der höchsten Kategorie gegenüber solchen, die nie Rad fahren:                                                                                   |



| <i><b>Autor, Jahr</b></i> | <i><b>Studiendesign</b></i>                                                                                | <i><b>Stichprobe</b></i>                                          | <i><b>Erhebungsmethode</b></i>                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <i><b>Kontrollvariablen</b></i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i><b>Ergebnis</b></i>                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           |                                                                                                            |                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | schiedene chronische Erkrankungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0,55 (signifikant)                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Sahlqvist, 2013           | Prospektive Studie mit mittlerer Nachlaufzeit von 15,3 Jahren (1. Erhebung) bzw. 11,5 Jahren (2. Erhebung) | 40-79-jährige Briten, 1. Erhebung N = 22450 2. Erhebung N = 13346 | <p>1. Erhebung: Selbstauskünfte über wöchentliches Radfahren in Minuten pro Woche, Bildung von 3 Kategorien: 0, 1-59 und <math>\geq 60</math> min/Woche</p> <p>2. Erhebung: Selbstauskünfte über Häufigkeit der Nutzung und/oder gefahrene Strecke verschiedener Arten des Radfahrens bezogen auf das letzte Jahr</p> | <p>Alter, Geschlecht, Bildungsstand, soziale Klasse, Rauchen, familiäre Historie von Krebs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, zeitlicher Umfang von Gehen und anderen Aktivitäten</p> <p>(in weiteren Modellen, deren Ergebnisse sich jedoch nicht von den berichteten unterschieden: Alkoholkonsum, Kalorienzufuhr, Medikamenteneinnahme, Typ-2-Diabetes)</p> | <p>1. Erhebung: nicht signifikanter Zusammenhang zwischen Radfahren und Tod durch Krebserkrankung (HR: 0,93, CI 0,81-1,06)</p> <p>2. Erhebung: nicht signifikanter Zusammenhang zwischen den verschiedenen Arten des Radfahrens (sowie Gesamtwert) und Tod durch Krebserkrankung</p> |

Anmerkung. CI = 95 %-Konfidenzintervall; MET = Metabolisches Äquivalent – Angabe des Energieverbrauches einer körperlichen Aktivität, Beispiele: 1 = ruhiges Liegen, 2 = Kochen, 3 = Spazieren gehen (ca. 4 km/h), 4 = Golfspielen; OR = Odds Ratio; HR = Hazard Ratio.

### 4.3 Rückgang der Radnutzung nach Einführung einer Helmpflicht

Der Rückgang der Radnutzung bei Einführung einer Helmpflicht kann einen Kostenfaktor darstellen (siehe Abbildung 1). Es ist deshalb erforderlich, diesen Rückgang vorherzusagen. Dazu ist die Analyse von Erfahrungen in anderen Ländern, in denen die Helmpflicht eingeführt wurde, nützlich.

Radnutzungsdaten werden lediglich in wenigen Ländern der Welt landesweit systematisch erhoben; größere Verfügbarkeiten gibt es für einzelne Regionen oder Städte. Hauptsächlich werden solche Daten mittels Haushaltsbefragungen gewonnen, gelegentlich stammen sie aus Beobachtungen des Radverkehrs.

Die Quantifizierung der Radnutzung unterscheidet sich je nach verwendeter Methodik. So werden gefahrene Kilometer pro Person oder der gesamten Population eines Landes pro Jahr, Woche oder Tag angegeben, aber auch die Zeit in Stunden, die mit Radfahren verbracht wird. Weitere Möglichkeiten der Quantifizierung sind der Anteil des Radverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen und die Anzahl der Fahrten, wobei auch hier die Definition einer Fahrt variiert. Eine Fahrt kann z. B. erst dann als Radfahrt gelten, wenn das Fahrrad das alleinige Verkehrsmittel ist oder aber bereits, wenn es als Hauptverkehrsmittel für eine Fahrt genutzt wurde. Weiter kann mit einer Fahrt eine einfache Fahrt oder aber eine Hin- und Rückfahrt gemeint sein (OECD/International Transport Forum, 2013). Mitunter wird Radfahren als dichotome Variable angegeben, bei welcher lediglich zwischen Radfahrern und Nicht-Radfahrern unterschieden wird und als erstere Personen angesehen werden, die in einem definierten Zeitraum mindestens einmal mit dem Rad gefahren sind.

Radnutzungsdaten werden selten regelmäßig erhoben, was zu großen Abständen zwischen den Erhebungszeitpunkten führt und eine Interpretation erschwert. Haushaltsbefragungen werden in vielen Ländern erst in den letzten 10 bis 15 Jahren vermehrt durchgeführt. In Ländern in denen eine Helmpflicht schon länger gilt, liegen – wenn überhaupt – nur Daten nach Einführung der Helmpflicht vor.

Eine weitere Schwierigkeit in der Interpretation von Fahrradnutzungsdaten liegt in der starken Schwankung der Fahrradnutzung nach Jahreszeit und Witterungsbedingungen. So ist sie zum Beispiel in Deutschland im Sommer wesentlich höher als im Winter (MiD, 2008, siehe auch Abbildung 75, S. 121). Die verfügbaren Daten zur Radnutzung lassen daher vielfach keine Aussage über die Auswirkung der Helmpflicht auf die Entwicklung des Radverkehrs zu.

Bei der Interpretation der verfügbaren Daten müssen weiterhin konfundierende Faktoren beachtet werden, die neben der Helmpflicht eine Veränderung der Radnutzung herbeigeführt oder teilweise beeinflusst haben könnten.

Zur Erlangung von Daten zur Radnutzung wurden neben der Durchführung von Recherchen auch diverse Behörden für Transport und Verkehr sowie statistische Ämter kontaktiert. Weiterhin wurde mit Eurostat, dem statistischen Büro der Europäischen Union (EU), in Verbindung getreten. Dieses verfügt nach eigener Angabe über keinerlei Daten zur Radnutzung in der EU (A. Schilbach, persönliche Kommunikation, 22.09.2014).

Daten zur Radnutzung vor und nach Einführung einer landesweiten oder regionalen Helmpflicht konnten für Neuseeland, Australien, Kanada, Finnland und die USA gesichtet werden. Tabelle 49 (S. 162) gibt einen Überblick über die Daten aller Länder. Im Folgenden werden diese detaillierter vorgestellt.

### 4.3.1 Neuseeland

Besondere Beachtung fanden in der Vergangenheit die Daten aus Neuseeland, aus denen auf einen starken Abfall der Fahrradnutzung in Folge der Einführung der Helmpflicht geschlossen wurde. Neuseeland führte die Helmpflicht für alle Radfahrer 1994 ein.

In den Jahren 1989/90 sowie 1997/98 und seit 2003 jährlich wurden Haushaltsbefragungen durchgeführt, die ein sehr detailliertes Bild des Verkehrsverhaltens in Neuseeland erlauben. Die Methodik zu allen Erhebungszeitpunkten kann als vergleichbar angesehen werden. In Tabelle 46 sind die Daten der Radnutzung in Neuseeland von 1989/90 bis 2014 zusammengefasst. Es wird deutlich, dass in allen Rubriken (Gesamtkilometer, Anzahl Fahrten, Kilometer/Person) ein Rückgang 1989/90 auf 1997/98 aber auch noch weiter bis 2003 stattfand. Danach sind die Daten mehr oder weniger stabil. Schwankungen können auf die Varianz in der Datenerfassung zurückzuführen sein. Am interessantesten sind die Daten „gefahrte Kilometer pro Person und Jahr“, weil hier die gefahrenen Kilometer mit dem Bevölkerungswachstum verrechnet wurden. Diese besagen, dass im Jahr 1989/90 jede Person 115 km gefahren ist und in 1997/98 nur noch 83 km. Der Tiefpunkt wurde mit 59 Kilometern in den Jahren 2003 bis 2007 (Mittel dieser Jahre) erreicht.

Obwohl ein Rückgang der Radnutzung nach Einführung der Helmpflicht eintrat, kann dieser nicht eindeutig (allein) der Helmpflicht zugeschrieben werden. Die Zeitspanne zwischen der Erhebung vor der Einführung der Helmpflicht (1989/90) und der Erhebung danach (1997/98) ist sehr groß (8 Jahre). Deswegen ist eine unmittelbare Wirkung der Einführung der Helmpflicht auf die Radnutzung daraus alleine nicht ableitbar. Da die Erhebung (1989/90) zudem die erste überhaupt ist und damit kein Trend vor Einführung der Helmpflicht berechnet werden kann, ist nicht unterscheidbar, ob die Abnahme der Radnutzung kausal mit der Einführung der Helmpflicht verbunden ist oder auch ohne diese einem Trend folgend aufgetreten wäre.

*Tabelle 46: Daten für die Radnutzung der neuseeländischen Bevölkerung vor und nach Einführung der Helmpflicht im Jahr 1994 mit unterschiedlicher Quantifizierung (Ministry of Transport New Zealand, 2015a).*

| <b>Maß</b> |                                       | <b>RadnutzungØ<br/>1989/90</b> | <b>Radnutzung <u>nach</u> Gesetz</b> |              |
|------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------|
|            |                                       |                                | <b>Jahr</b>                          | <b>Quote</b> |
| gesamt     | gefahrte km<br>pro Jahr (Alter<br>5+) | 350 Mio. km                    | Ø 1997/1998                          | 280 Mio. km  |
|            |                                       |                                | Ø 2003-2007                          | 240 Mio. km  |
|            |                                       |                                | Ø 2004-2008                          | 300 Mio. km  |
|            |                                       |                                | Ø 2005-2009                          | 290 Mio. km  |
|            |                                       |                                | Ø 2006-2010                          | 310 Mio. km  |
|            |                                       |                                | Ø 2007-2011                          | 330 Mio. km  |
|            |                                       |                                | Ø 2008-2012                          | 310 Mio. km  |
|            |                                       |                                | Ø 2009-2013                          | 320 Mio. km  |
|            |                                       |                                | Ø 2010-2014                          | 310 Mio. km  |

Schaut man sich die Unterschiede in dem Radnutzungsverhalten zwischen den zwei Erhebungen 1989/90 und 1997/98 differenzierter nach Alter an (Abbildung 80), erkennt man einige Besonderheiten:

- Die Fahrradnutzung ist sehr stark durch Kinder und Jugendliche geprägt. Mehr als die Hälfte der Kilometerleistung 1989/90 und fast die Hälfte der Kilometerleistung 1997/98 wird durch unter 20-jährige erbracht.
- Der Rückgang der Radnutzung ist nicht über alle Altersgruppen gleich verteilt. Bei den 5-19-Jährigen nahm die Radnutzung besonders deutlich ab. Bei den übrigen Altersgruppen ist der Trend uneinheitlich.
- Die durchschnittliche Länge der Wege hat sich bei allen Altersgruppen deutlich erhöht. Es sind offenbar kürzere Wege mit dem Fahrrad weggefallen.

Bei den 5-19-Jährigen und den 25-39-Jährigen nahm die Radnutzung deutlich ab; betrachtet man die Anzahl der Fahrten, kann man sogar von einer Halbierung sprechen. In der Altersgruppe 40+ zeigte sich in der Anzahl der Fahrten nahezu keine Veränderung, die anderen Maße weisen sogar einen Anstieg nach. Auch bei den 20-24-Jährigen stieg die Radnutzung von 32,8 auf 50,4 Millionen km. Da die 10-19-Jährigen für mehr als die Hälfte der Radnutzung der gesamten Bevölkerung verantwortlich sind, kann der Rückgang in dieser Altersgruppe als maßgeblich für die Reduktion der Nutzung von 1989/90 bis 1997/98 angesehen werden.

| Age group       | Trips in survey |         | National, annual estimates |         |               |         |            |         |             |         |
|-----------------|-----------------|---------|----------------------------|---------|---------------|---------|------------|---------|-------------|---------|
|                 |                 |         | Million trips              |         | Million hours |         | Million km |         | km per trip |         |
|                 | 1989/90         | 1997/98 | 1989/90                    | 1997/98 | 1989/90       | 1997/98 | 1989/90    | 1997/98 | 1989/90     | 1997/98 |
| 5-9             | 286             | 290     | 22.5                       | 10.4    | 3.4           | 1.8     | 16.8       | 14.1    | 0.7         | 1.4     |
| 10-14           | 936             | 959     | 60.6                       | 33.0    | 13.4          | 7.9     | 101.0      | 63.3    | 1.7         | 1.9     |
| 15-19           | 674             | 468     | 41.9                       | 20.8    | 8.5           | 5.1     | 82.7       | 54.9    | 2.0         | 2.7     |
| 20-24           | 216             | 199     | 14.5                       | 18.5    | 2.6           | 3.3     | 32.8       | 50.4    | 2.3         | 2.7     |
| 25-29           | 147             | 94      | 8.9                        | 3.9     | 2.9           | 1.4     | 32.3       | 19.1    | 3.6         | 4.9     |
| 30-34           | 112             | 97      | 9.7                        | 4.5     | 2.6           | 1.3     | 27.5       | 22.6    | 2.8         | 5.0     |
| 35-39           | 92              | 97      | 6.8                        | 3.3     | 1.7           | 0.8     | 18.9       | 10.3    | 2.8         | 3.1     |
| 40+             | 245             | 383     | 16.5                       | 16.4    | 4.1           | 4.3     | 39.5       | 49.5    | 2.4         | 3.0     |
| Total (ages 5+) | 2708            | 2587    | 181.5                      | 110.8   | 39.2          | 26.0    | 351.6      | 284.2   | 1.9         | 2.6     |

Abbildung 80: Unterschiede in dem Radfahrverhalten vor und nach der Einführung der Radhelmpflicht (Ministry of Transport New Zealand, 2015b).

Dass die Radnutzung in dieser Altersgruppe auch noch bis 10 Jahre nach Einführung der Helmpflicht rückläufig war, zeigen die gefahrenen Kilometer pro Person pro Woche in Tabelle 47. Bei den 5-12-Jährigen, vor allem aber bei den 13-17-Jährigen sinkt diese von 1989/90 an etwa die folgenden 15 Jahre. Im Gegensatz dazu konnte in der Altersgruppe 18+ lediglich ein geringer Rückgang von 1989/90 auf 1997/98 verzeichnet werden. Schon zum nächsten Erhebungszeitpunkt stieg die Nutzung wieder an und hat heute einen Wert der höher ist als vor der Einführung der Helmpflicht.

*Tabelle 47: Radnutzung der neuseeländischen Bevölkerung in gefahrenen Kilometern pro Person pro Woche nach Altersgruppe (Ministry of Transport New Zealand, 2015c).*

| <b>Alters<br/>gruppe</b> | <b>1989/90</b> | <b>1997/98</b> | <b>2003-06</b> | <b>2004-07</b> | <b>2005-08</b> | <b>2006-09</b> | <b>2007-10</b> | <b>2008-11</b> | <b>2009-12</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 5-12                     | 2,8            | 2              | 1,2            | 0,9            | 0,9            | 0,9            | 1,2            | 0,9            | 0,8            |
| 13-17                    | 7,9            | 4,8            | 2,2            | 2,1            | 1,8            | 1,9            | 2              | 1,8            | 1,7            |
| 18+                      | 1,4            | 1,2            | 1,3            | 1,3            | 1,5            | 1,4            | 1,7            | 1,5            | 1,7            |
| gesamt<br>5+             | 2,2            | 2,0            | 1,3            | 1,3            | 1,5            | 1,4            | 1,7            | 1,5            | 1,6            |

Die Werte könnten als Indiz gewertet werden, dass insbesondere bei den Jüngeren aus Angst vor den Gefahren des Straßenverkehrs die Fahrradnutzung im Alltag reduziert wurde. Dies würde eine Theorie stützen, dass sich ein höheres Bewusstsein für Verkehrssicherheitsfragen negativ auf eine Fahrradnutzung bei dieser Altersgruppe auswirkt. Dies wird durch Befunde des Zufußgehens in Neuseeland in dieser Altersgruppe nahegelegt. Aus Abbildung 81 ist ersichtlich, dass zwischen 1989/90 und 1997/98 nicht nur die Fahrradnutzung zurückgegangen ist, sondern auch die Wahl des Schulwegs als Fußgänger, was sicherlich nicht an der Einführung der Fahrradhelmpflicht liegen kann. *„The number of children walking to school has almost halved in the last two decades from 42 % in 1989/90 to only 25 % in the 2004-2008 period“*, (Ministry of Transport New Zealand, 2009). Wesentlich mehr wurden die Fahrten als Mitfahrer. Man kann vermuten, dass die Ursache in einem veränderten Sicherheitsbewusstsein von Eltern zu suchen ist, die ihre Kinder zur Schule bringen und von dort auch wieder abholen, wie es auch in Deutschland zu beobachten ist. In den Folgejahren fällt die Nutzung des Fahrrads als Transportmittel zur Schule weiter ab, während das Gehen zur Schule wieder zu alten Werten ansteigt. Hier müssen also weitere Einflussfaktoren eine Rolle gespielt haben, die nicht bekannt sind.

| Ages 13-17       |                                  |         |             |             |
|------------------|----------------------------------|---------|-------------|-------------|
|                  | 1989/90                          | 1997/98 | 2003 - 2007 | 2004 - 2008 |
| People in sample | 612                              | 918     | 881         | 921         |
|                  | Percentage of journeys to school |         |             |             |
| Walk             | 26%                              | 19%     | 27%         | 26%         |
| Passenger        | 20%                              | 32%     | 33%         | 35%         |
| Bicycle          | 19%                              | 11%     | 5%          | 5%          |
| Bus              | 9%                               | 7%      | 6%          | 5%          |
| Driver           | 4%                               | 7%      | 5%          | 4%          |
| Bus & walk       | 18%                              | 16%     | 14%         | 16%         |
| Passenger & Bus  | 2%                               | 2%      | 3%          | 2%          |
| Walk & Passenger | 1%                               | 3%      | 2%          | 2%          |
| Other            | 2%                               | 4%      | 5%          | 5%          |
| TOTAL            | 100%                             | 100%    | 100%        | 100%        |

Abbildung 81: Veränderung des Verkehrsverhaltens von Jugendlichen für den Schulweg (Ministry of Transport New Zealand, 2009).

Der enorme Rückgang der Radnutzung bei Jugendlichen lässt sich unter Umständen teilweise mit einer Veränderung des Systems zum Erwerb des Führerscheins in Verbindung bringen, die 1987 in Neuseeland eingeführt wurde: Statt wie zuvor mit 15 Jahren konnte eine vollständig gültige Fahrerlaubnis nun erst im Alter von 17 Jahren erworben werden. Das Graduated Driver's Licensing System (GDLS) gilt für 15- bis 24-Jährige. Es ermöglicht den Erwerb des Führerscheins erst über eine Anfängerlizenz (Fahren in Begleitung einer Aufsichtsperson) und eine eingeschränkte Lizenz (Begleitung durch eine Aufsichtsperson bei Nachtfahrten, keine Mitnahme von Mitfahrern ohne Aufsichtsperson). Die Einführung des GDLS hat zu einem Rückgang der Anzahl der Autofahrer zwischen 15 und 19 Jahren von 1987 bis 1989 geführt: von 160.000 auf 120.000 (Langley, Wagenaar, & Begg, 1996). Dieser Rückgang könnte zu einem Anstieg der Radnutzung in der betroffenen Population geführt haben, da die Jugendlichen nun ein anderes Verkehrsmittel nutzen mussten, und die hohen Ausgangszahlen der Jahre 1989/90 erklären. Laut Begg, Stephenson, Alsop und Langley (2001) stieg die Zahl der jungen Autofahrer in den darauffolgenden Jahren wieder an und erreichte spätestens 1995 das Niveau vor Einführung des GDLS. Dies könnte einen Teil des Rückgangs der Radnutzung von 1989/90 bis 1997/98 in dieser Altersgruppe erklären. Wesentliche Ursache des Rückgangs wäre demnach nicht die Einführung der Helmpflicht, sondern der vorherige Anstieg wegen Änderung der Führerscheinregelung.

Zusammenfassend leiten wir aus den Daten folgende Rückschlüsse ab: Der Rückgang der Radnutzung zwischen den Jahren 1989/90 und 1997/98 ist hauptsächlich auf den Rückgang bei den 10-19-jährigen zurückzuführen. Dieser Rückgang hält auch die darauffolgenden Jahre an. Da auch die Helmtragequote in dieser Altersklasse schon vor Einführung der Helmpflicht besonders hoch war (siehe Abschnitt 3.1.1, S. 59), kann allenfalls ein Teil des Rückganges auf die Einführung der Helm-

pflicht zurückgeführt werden. Dafür spricht auch, dass die Radnutzung bei Erwachsenen, bei denen die Konsequenzen der Pflicht (festgemacht an den dramatisch veränderten Helmtragequoten) wesentlich stärker waren, nach der Einführung der Helmpflicht bei den 25-39-Jährigen nur gering sank und in den übrigen Altersgruppen sogar stieg.

### 4.3.2 Australien

In Australien führt das Australien Bureau of Statistics (ABS) seit 1961 alle fünf Jahre eine Haushaltsbefragung durch. In dieser wird seit 1976 unter anderem das Verkehrsmittel erfragt, welches an einem bestimmten Tag für den Arbeitsweg genutzt wurde. Bis 1986 war der Bezugstag der 30. Juni, in den Folgejahren ein Tag Anfang August. Klimatabellen zeigen, dass sich sowohl Temperatur als auch Niederschlagsmenge im Juni und August in keinem der Bundesstaaten wesentlich unterscheiden (vgl. Commonwealth of Australia 2015, Bureau of Meteorology, 2013). Zu beachten ist, dass die Nutzung eines einzelnen Stichtags zur Ermittlung der Fahrradnutzung aufgrund der Witterungsanfälligkeit stark fehleranfällig ist. Zudem bildet diesen Monaten in Australien (Winter) die tatsächliche Radnutzung nicht repräsentativ ab.

Im Zensus 2011 lautete die interessierende Frage: „Wie kam die Person am Dienstag, den 9. August 2011, zur Arbeit?“ (ABS, 2014a). Neben weiteren Verkehrsmitteln stand auch das Fahrrad zur Auswahl. Mithilfe dieser Frage lässt sich der prozentuale Anteil von Personen in Erfahrung bringen, die das Rad als einziges Verkehrsmittel für den Weg zur Arbeit nutzen (Berufspendler). Eine Übersicht über die Zensusdaten bietet Tabelle 48. Diese und weitere Befunde zur Entwicklung des Radverkehrs in den einzelnen Bundesstaaten sowie dem Australian Capital Territory (ACT) werden im Folgenden diskutiert.

*Tabelle 48: Prozentualer Anteil an Personen, die in Australien mit dem Rad zur Arbeit fahren.*

| <b>Bundesstaat</b>           | <b>Gesetzeseinführung</b>                  | <b>1976</b> | <b>1981</b> | <b>1986</b> | <b>1991</b> | <b>1996</b> | <b>2001</b> | <b>2006</b> | <b>2011</b> |
|------------------------------|--------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Gesamtaustralien             |                                            | 1,12        | 1,56        | 1,68        | 1,56        | 1,24        | 1,21        | 1,24        | 1,29        |
| Australian Capital Territory | 1. Juli 1992                               | 0,9         | 2,17        | 2,05        | 1,86        | 2,27        | 2,35        | 2,56        | 2,82        |
| New South Wales              | 1. Jan. 1991/<br>1. Juli 1991 <sup>a</sup> | 0,5         | 0,9         | 1,09        | 0,96        | 0,87        | 0,83        | 0,84        | 0,93        |
| Northern Territory           | 1. Jan. 1992 <sup>b</sup>                  | 2,11        | 3,81        | 4,15        | 5,55        | 3,98        | 3,95        | 3,53        | 3,24        |
| Queensland                   | 1. Juli 1991/<br>Jan. 1993 <sup>c</sup>    | 1,55        | 2,2         | 2,4         | 2,56        | 1,84        | 1,65        | 1,41        | 1,31        |
| South Australia              | 1. Juli 1991                               | 2,04        | 2,45        | 2,27        | 1,95        | 1,27        | 1,17        | 1,43        | 1,25        |

| Bundesstaat       | Gesetzeseinführung                      | 1976 | 1981 | 1986 | 1991 | 1996 | 2001 | 2006 | 2011 |
|-------------------|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tasmanien         | 1. Jan. 1991                            | 0,5  | 0,75 | 0,87 | 0,76 | 0,67 | 0,8  | 0,9  | 0,78 |
| Victoria          | 1. Juli 1990                            | 1,34 | 1,79 | 1,75 | 1,36 | 1,15 | 1,15 | 1,4  | 1,53 |
| Western Australia | 1. Jan. 1992/<br>Juli 1992 <sup>c</sup> | 0,9  | 1,48 | 1,72 | 1,85 | 1,2  | 1,28 | 1,25 | 1,34 |

<sup>a</sup> Zunächst Erwachsene, dann Kinder

<sup>b</sup> Änderung des Gesetzes: ab 1994 keine Helmpflicht für Personen über 18 Jahren auf Fuß- oder Radwegen abseits der Straße

<sup>c</sup> Vollstreckung des Gesetzes

Quelle: ABS (2013)

Im Australian Capital Territory wurde die Helmpflicht am 1. Juli 1992 eingeführt. Automatische Zählanlagen auf Radfahrwegen wiesen einen Rückgang der Radnutzung von 1991 bis 1992 von etwa einem Drittel an Wochentagen und 50 % an Wochenenden nach (Ratcliffe, 1993, zitiert nach BHRF, o. J., a). Allerdings steigt der Anteil der Rad fahrenden Berufspendler an allen Berufspendlern trotz Gesetz an (siehe Abbildung 82).

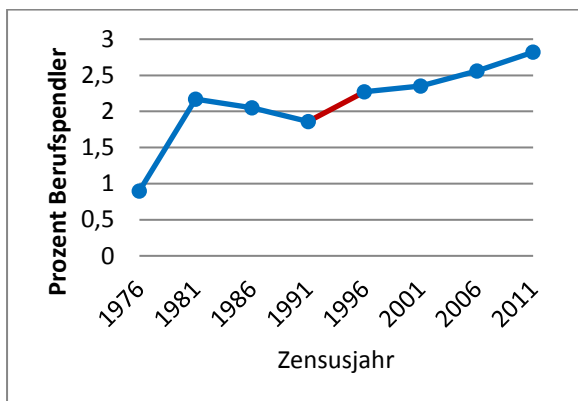


Abbildung 82: Prozentualer Anteil von Rad fahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern im ACT. Die Markierung kennzeichnet den Zeitraum der Einführung der Helmpflicht.

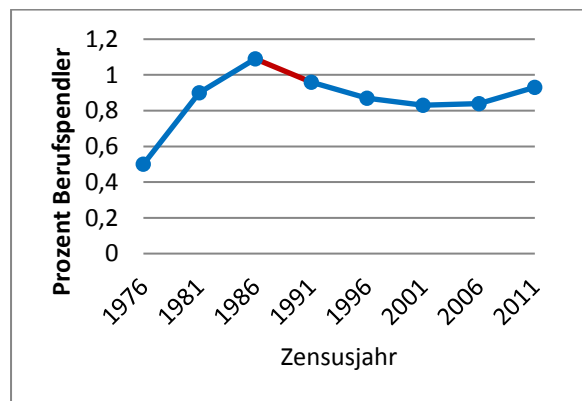


Abbildung 83: Prozentualer Anteil von Rad fahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in NSW. Die Markierung kennzeichnet den Zeitraum der Einführung der Helmpflicht.

New South Wales (NSW) führte zunächst im 1. Januar 1991 eine Helmpflicht für Erwachsene ein, welche ein halbes Jahr später auf Kinder erweitert wurde. Bis 1986, dem letzten Erhebungszeitpunkt vor Einführung der Helmpflicht, weisen die Zensusdaten einen kontinuierlichen Anstieg der Berufspendler nach (siehe Abbildung 83). Ab 1991 geht der Anteil der Berufspendler zurück. Der Rückgang hält 15 Jahre an.

Walker (1992) führte umfangreiche Zählungen vor und nach der Helmpflicht sowie in den Folgejahren 1991, 1992 durch. Die Studie wurde von Smith & Milthorpe (1993) repliziert. Ziel war die Ermittlung



lung der Helmtragequote, eines möglichen Rückgangs des Radverkehrs und möglicher veränderter Ausmaß von Gesetzesüberschreitungen der Fahrradfahrer. Die Studie wurde in Sydney und in ländlichen Gebieten jeweils im April durchgeführt. In allen Jahren wurden die gleichen Standorte gewählt (Kreuzungen, Eingangstore von Schulen, Erholungsgebiete). Da die Helmpflicht für Erwachsene bereits zum ersten Erhebungszeitpunkt galt, konnten nur Auswirkungen der Helmpflicht auf die Radnutzung von Kindern unter 16 Jahren sichtbar werden. Betrug die beobachtete Zahl von Rad fahrenden Kindern 1991 noch 6788, sank diese in den Folgejahren auf 4234 und 3798. Dies entspricht einem Rückgang von 38 % und 44 % in Bezug auf 1991. Dies könnte ein Indiz für einen durch die Helmpflicht hervorgerufenen Rückgang der Fahrradnutzung in dieser Altersgruppe sein. Smith & Milthorpe (1993) selbst warnen jedoch aufgrund des Studiendesigns davor, die Daten zur Schätzung der Radnutzung für Gesamt-NSW zu nutzen. Die Studien seien nicht speziell darauf ausgelegt worden, ein geändertes Fahrradverhalten zu erfassen. Der Fokus lag in der Erfassung von Änderungen der Helmtragequote.

Das Northern Territory (NT) führte zunächst am 1. Januar 1992 die Helmpflicht für alle Radfahrer ein, änderte diese 1994 schließlich dahingehend, dass Personen über 18 Jahren auf Fuß- oder Radwegen abseits der Straße keinen Helm mehr tragen müssen. Das Road Safety Council des NT (RSCNT) führte Umfragen an Schulen durch. Direkt nach dem Gesetz gab es kaum Veränderungen in der Anzahl der Kinder, die mit dem Rad zur Grundschule fuhren, aber ein Rückgang um 17 % im Folgejahr. Bei den Rad fahrenden Kindern in weiterführenden Schulen fand bereits im ersten Jahr ein Rückgang um 36 % statt, welcher sich nach Ablauf eines Jahres sogar auf 39 % erhöhte (Van Zyl, 1993 und RSCNT, 1993, zitiert nach BHRF, o. J., a). Nicht nur bei den Kindern, sondern auch bei Erwachsenen konnte ein Rückgang in der Radnutzung festgestellt werden. Zählungen von Berufspendlern durch das RSCNT (1993b, zitiert nach BHRF, o. J., a) weisen hohe Einbußen nach (jeweils August 1990: N = 252, 1991: N = 350, 1992: N = 122, 1993: N = 131). Die Daten des Zensus bestätigen diese Entwicklung (siehe Abbildung 84).

Die Zensusdaten in Queensland (QDL) dokumentieren einen Anstieg der Radnutzung bis zum Jahr der Einführung der Helmpflicht 1991 sowie einen bis 2011 anhaltendem Rückgang (siehe Abbildung 85).

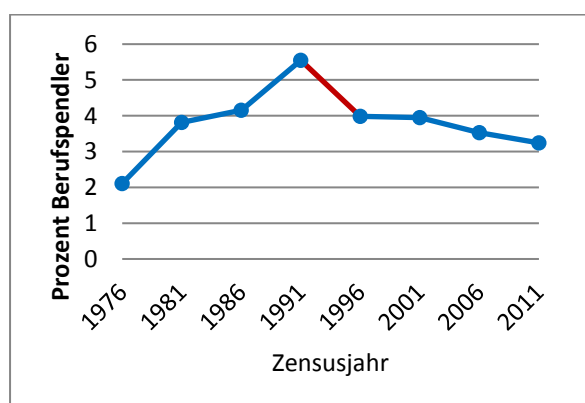


Abbildung 84: Prozentualer Anteil von Rad fahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern im NT. Die Markierung kennzeichnet den Zeitraum der Einführung der Helmpflicht.

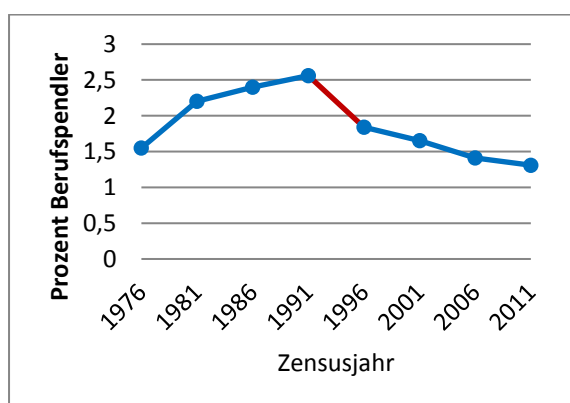


Abbildung 85: Prozentualer Anteil von Rad fahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in QDL. Die Markierung kennzeichnet den Zeitraum der Einführung der Helmpflicht.

Auch in Tasmanien (TAS) liegen ausschließlich Zensusdaten vor. In TAS gibt es nur wenige Berufspendler. Ein leichter Rückgang nach Einführung der Helmpflicht zum 01. Januar 1991 ist dennoch erkennbar (siehe Abbildung 86).

In South Australia (SA) besteht seit dem 1. Juli 1991 Helmpflicht. Marshall und White (1994) werteten Daten verschiedener Studien aus. Haushaltsbefragungen von über 3000 Personen in 1990 und 1993 zeigten weder bei Erwachsenen ( $\geq 15$  Jahre) noch bei Kindern ( $< 15$  Jahre) signifikante Unterschiede in der Häufigkeit des Radfahrens (Kategorien: mindestens einmal pro Woche, mindestens einmal pro Monat, alle 3 Monate, weniger) vor und nach Einführung der Helmpflicht. Es wurden keine Kilometerleistungen erfasst. Ebenso zeigten Zählungen in Adelaide im September/Oktober von 1985 bis 1993 keine Veränderungen in der Anzahl der Radfahrer, welche hauptsächlich Berufspendler waren, die der Helmpflicht zugeschrieben werden könnten. Beobachtet wurden über 1500 Radfahrer pro Jahr. Der Untersuchung von Marshall und White (1994) zufolge ist ein Einfluss der Fahrradhelmpflicht auf die Fahrradnutzung nicht erkennbar. Die Zensusdaten weisen zwar einen prozentualen Rückgang an Berufspendlern bis 2001 nach, jedoch begann dieser bereits 1986 und kann damit nicht der Helmpflicht zugeschrieben werden (siehe Abbildung 87).

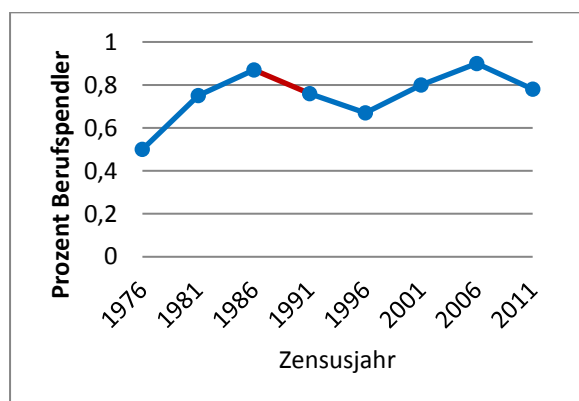


Abbildung 86: Prozentualer Anteil von Radfahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in TAS. Die Markierung kennzeichnet den Zeitraum der Einführung der Helmpflicht.

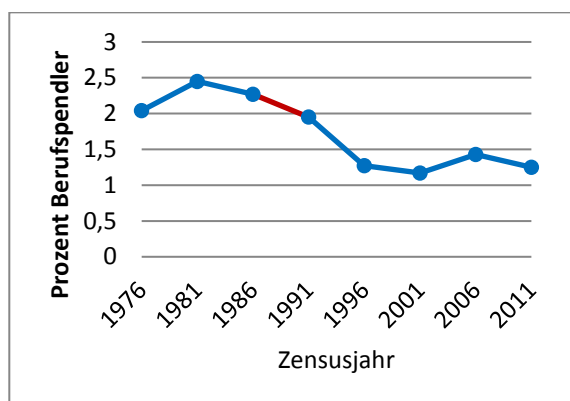


Abbildung 87: Prozentualer Anteil von Radfahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in SA. Die Markierung kennzeichnet den Zeitraum der Einführung der Helmpflicht.

Victoria (VIC) besitzt die Helmpflicht seit dem 1. Juli 1990. In den Jahren vor der Helmpflicht stieg die Radnutzung an: von 1986 bis 1989 um 47 % (Lambert, 1990, zitiert nach BHRF, o. J., a). Dagegen fand im selben Zeitraum ein Populationswachstum von nur 4 % statt (ABS, 2014b). In 1987/88 sowie 1990 bis 1992 wurden methodisch nahezu identische Beobachtungsreihen in Melbourne durchgeführt (Cameron, Heiman, & Neiger, 1992; Finch, Heiman, & Neiger, 1993a). Abbildung 90 zeigt die Anzahl der beobachteten Radfahrer. Insgesamt stieg diese von 1987/88 bis 1990 zunächst an und ging dann ein Jahr nach dem Gesetz (1991) rapide zurück. Am stärksten war der Rückgang bei den Teenagern (12-17 Jahre). Jener bei den Kindern (5-11 Jahre) kann als Fortführung des Rückgangs, der schon 1990 (vor Gesetz) beobachtet wurde, angesehen werden. Die Einführung der Helmpflicht hatte also einen sofortigen Effekt auf Erwachsene und Teenager. 1992 nahm die Anzahl der Radfahrer jedoch wieder zu, sodass sie lediglich bei den Teenagern noch deutlich unter jener von 1990 lag. Zu beachten ist, dass die Beobachtungen in 1987/88 im Vergleich zu den übrigen Jahren in einer anderen Jahreszeit durchgeführt wurden: In 1987/88 (Nov.-Jan.) waren die Temperaturen etwa 8 °C höher als

1990-1992 (Mai/Juni) (vgl. Commonwealth of Australia, Bureau of Meteorology, 2015) . Ob dies einen Einfluss auf die Ergebnisse hat, kann nicht sicher gesagt werden.

In Western Australia (WA) wurde die Helmpflicht am 1. Januar 1992 eingeführt und im Juli 1992 vollstreckt. In den 80er Jahren stieg die Radnutzung Robinson (2005) zufolge stark an: von 1982 bis 1989 um 82 %. Sie bediente sich dabei Schätzungen des ABS. Das Populationswachstum im selben Zeitraum betrug nur 18 % (ABS, 2014b). Auch die Zensusdaten belegen einen Anstieg der Berufspendler vor der Vollstreckung des Gesetzes (siehe Abbildung 89).

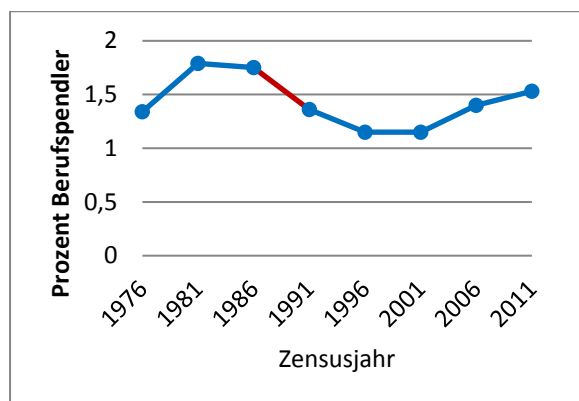


Abbildung 88: Prozentualer Anteil von Rad fahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in VIC. Die Markierung kennzeichnet den Zeitraum der Einführung der Helmpflicht.

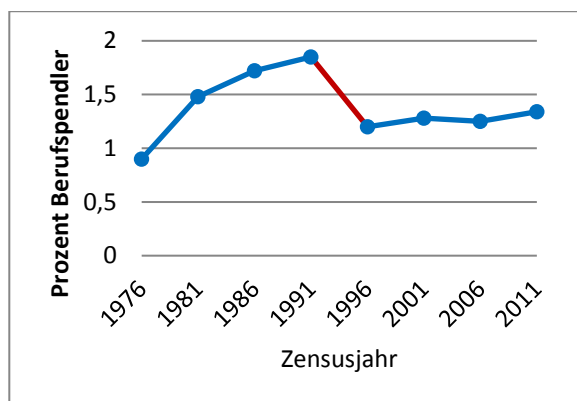


Abbildung 89: Prozentualer Anteil von Rad fahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in WA. Die Markierung kennzeichnet den Zeitraum der Einführung der Helmpflicht.

Ein Vergleich der Anteile der Fahrten, welche Radfahrten an allen Fahrten in Melbourne ausmachen (Modal Split), zeigt, dass auch 14 Jahre nach Einführung der Helmpflicht das Niveau vor dieser noch nicht wieder erreicht wurde: Betrug der Anteil der Radfahrten 1985/86 noch 3,4 %, lag er 2004 bei nur 2 % (Australian Bicycle Council, 2004; BHRF - Bicycle Helmet Research Foundation, o. J., a). Laut Zensusdaten steigt die Nutzung seit 2006 wieder an. Die Zensusdaten weisen einen Rückgang ab 1981 nach, wobei dieser bis 1986 nur gering ist und 1991 nach Einführung der Helmpflicht deutlich zu erkennen ist (siehe Abbildung 90).

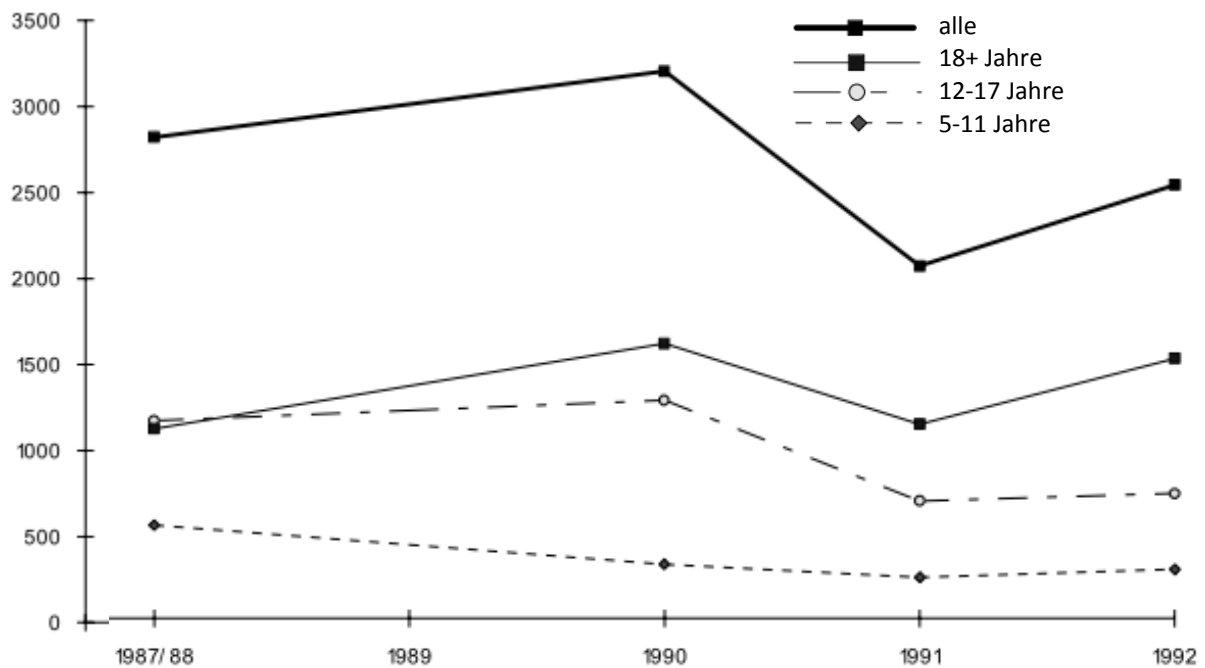


Abbildung 90: Anzahl beobachteter Radfahrer in Melbourne vor und nach Einführung der Helmpflicht am 1. Juli 1990 in Victoria, Australien. Die Beobachtungen in 1990 fanden vor Einführung der Helmpflicht statt (Cameron et al., 1992; Finch et al., 1993a).

An zwei für Radfahrer wichtige Brücken in Perth wurden automatische Zähler installiert und von 1991 bis 2006 Radnutzungsdaten aufgezeichnet (MRWA, 2001 und MRWA, 2006, zitiert nach BHRF, o. J., a). Um den Populationsanstieg von 1991 bis 2006 (24 %, ABS, 2014b) zu berücksichtigen, berechnete die BHRF (o. J., a) die mittlere Anzahl der Radfahrer pro Werktag von Oktober bis Juni pro 1000 Personen (siehe Abbildung 91). Nach Vollstreckung des Gesetzes fand zunächst bis 1994/95 ein Rückgang der Radnutzung statt, wobei Daten vor Einführung der Pflicht nicht verfügbar sind und dieser daher einem Trend folgen könnte. Die hohen Radfahrquoten in den Jahren 2000-2002 sind laut der BHRF (o. J., a) durch eine in WA stattgefundenene, etwa eine Million teure Radförderungskampagne zu erklären. Weitere Analysen zeigten in den ersten drei Jahren nach Einführung der Helmpflicht einen durchschnittlichen Rückgang pro Jahr um 26 % an Wochentagen und um 40 % an Samstagen (Heathcote, 1993, zitiert nach BHRF, o. J., a).

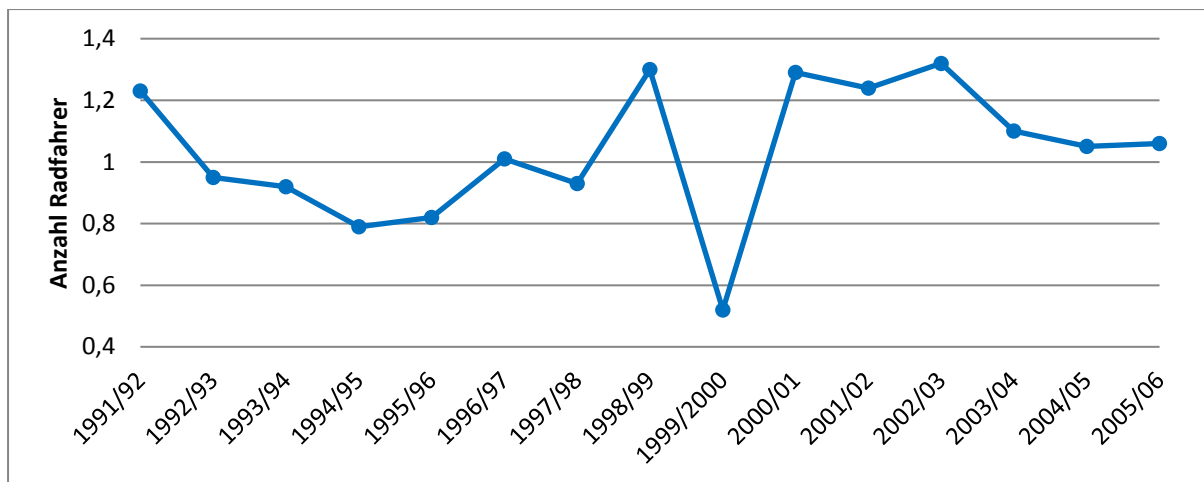


Abbildung 91: Mittlere Anzahl der Radfahrer pro Tag pro 1000 Personen über zwei Brücken in Perth (BHRF, o. J., a). Daten von 1998 bis 2000 sind beeinflusst von Brückenarbeiten.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass das Bild der Radnutzung vor und nach Einführung der Helmpflicht für Radfahrer in Australien uneinheitlich ist. Interpretationen sind aufgrund der beschränkten Datenverfügbarkeit schwierig. Zumeist gibt es nur wenige oder lediglich einen Erhebungszeitpunkt vor Einführung der Helmpflicht, was eine Einschätzung der Wirkung dieser auf die Radnutzung erschwert oder nicht ermöglicht. Sofern beobachtet, folgen Rückgänge in der Gesamt-Radnutzung oftmals einem Trend, der schon vor Einführung der Helmpflicht bestand, oder wenden sich mittel- bis langfristig zu einem erneuten Anstieg zurück zum Niveau, welches vor der Helmpflicht bestand.

Ein Rückgang der Radnutzung bei Kinder und Jugendlichen kann in den Bundesstaaten in denen diese Nutzergruppe getrennt ausgewiesen wurden (South Wales, Northern Territories, Victoria und Melbourne) festgestellt werden.

Bei Berufspendlern sind die Daten uneinheitlich weisen aber eher in Richtung Rückgang. Teilweise ist ein kurzzeitiger Effekt sichtbar. Dieser hält mitunter auch noch viele Jahre nach Einführung der Pflicht an.

### 4.3.3 Kanada

In Kanada existiert in einigen Bundesstaaten die Helmpflicht. Dennis, Potter, Ramsay und Zarychanski (2010) analysierten Radnutzungsdaten aus der Canadian Community Health Survey der Jahre 2001, 2003, 2005 und 2007 in den Bundesstaaten Alberta und Prince Edward Island. In ersterem wurde die Helmpflicht für Radfahrer unter 18 Jahren im Mai 2002 eingeführt, in letzterem besteht sie für alle Radfahrer seit Juli 2003. An den Befragungen, welche in Übereinstimmung mit der Fahrradsaison von Mai bis Oktober durchgeführt wurden, nahmen Personen ab 12 Jahren teil. Personen, die in den letzten drei Monaten mindestens einmal Rad gefahren sind, wurden als Freizeitfahrer eingestuft und um die Angabe der Häufigkeit des Radfahrens gebeten. Radfahrer wurden mit folgender Frage identifiziert, wenn sie diese mit mehr als „niemals“ beantworteten: „Wie viele Stunden fuhren Sie in einer typischen Woche in den letzten drei Monaten für gewöhnlich mit dem Rad zur Arbeit, Schule oder erledigten Besorgungen?“.

Abbildung 92 und Abbildung 93 liefern einen Überblick über die Ergebnisse zum freizeitlichen Radfahren. Alle Daten wurden zur Erlangung einer Populationsrepräsentativität gewichtet. Abbildung 92 zeigen den prozentualen Anteil der Freizeitfahrer in den untersuchten Stichproben der Jahre 2001 bis 2007. Obgleich nach Gesetzeseinführung in Prince Edward Island und Alberta bei den Jugendlichen (< 18 Jahre) Schwankungen bei der Radnutzung zu erkennen sind (in Alberta steigt die Zahl jugendlicher Freizeitfahrer sogar), sind diese laut Dennis et al. (2010) nicht signifikant. Auch die Veränderungen in der Anzahl der Freizeitfahrten (siehe Abbildung 93) sind statistisch nicht signifikant. Bei bei Radpendlern sind keine signifikanten Veränderungen in der Radnutzung nach Einführung der Helmpflicht erkennbar. In den kanadischen Staaten Alberta und Prince Edward Island hat die Einführung der Helmpflicht den Daten zufolge keinen Rückgang der Radnutzung bewirkt. Jedoch sei hier angemerkt, dass vor der Einführung der Helmpflicht lediglich ein Datenzeitpunkt verfügbar ist. Es liegen keine Informationen über die Radnutzung weitere Jahre vor der Helmpflicht vor, wodurch nicht ersichtlich ist, wie sie sich entwickelt hat.

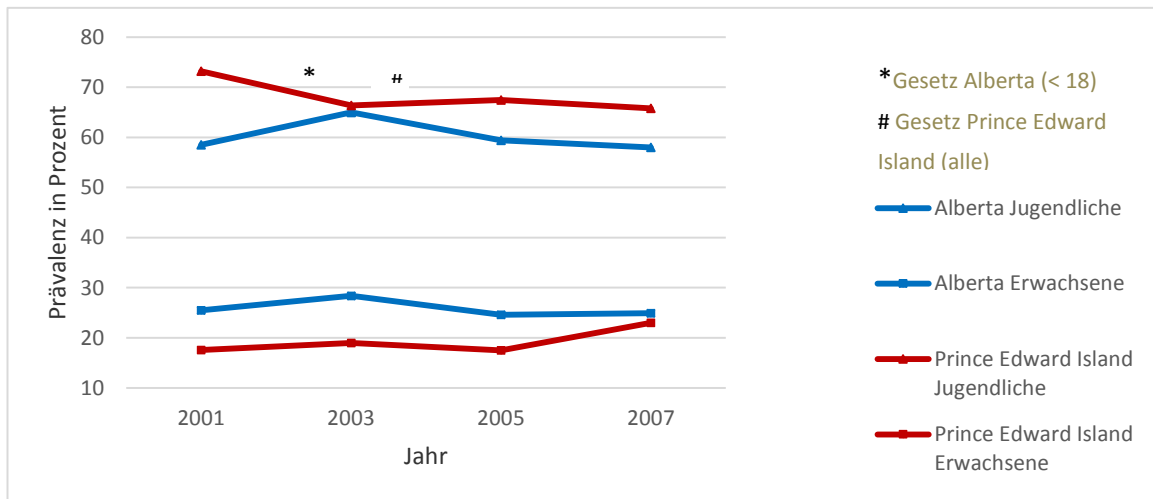


Abbildung 92: Veränderung der Prävalenz der freizeitlichen Radfahrer in Alberta und Prince Edward Island von 2001 bis 2007, separiert nach Jugendlichen (< 18 Jahre) und Erwachsenen (nach Dennis et al., 2010).

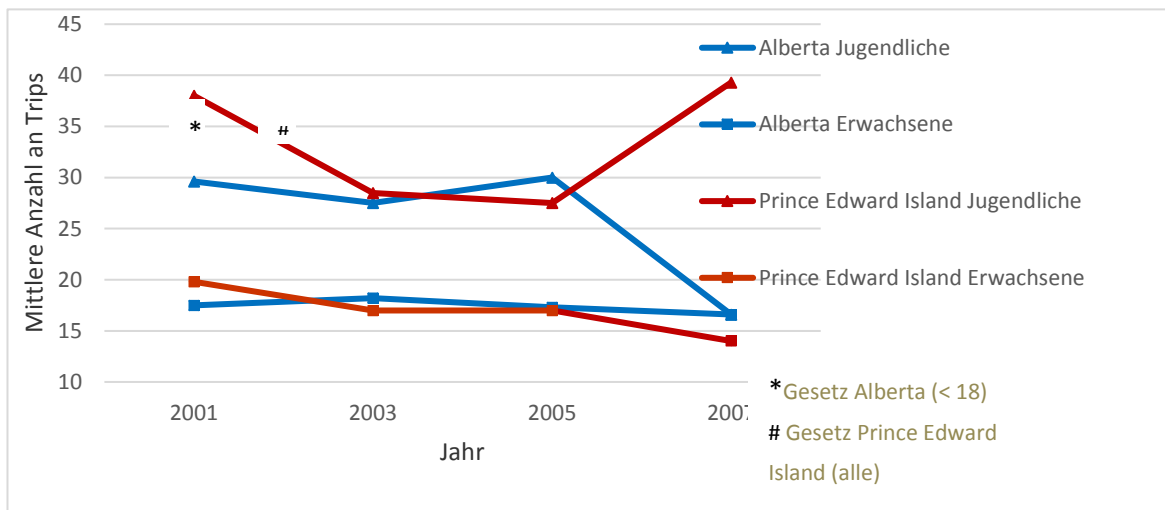


Abbildung 93: Veränderungen der mittleren Anzahl an Freizeitfahrten in einem 3-Monats-Zeitraum in Alberta und Prince Edward Island von 2001 bis 2007, separiert nach Jugendlichen (< 18 Jahre) und Erwachsenen (nach Dennis et al., 2010).

#### 4.3.4 USA

In den USA besteht in 38 der 50 Bundesstaaten entweder bundesweit oder in einzelnen Orten oder Regionen Helmpflicht beim Radfahren (Bicycle Helmet Safety Institute, 2015). Oftmals gilt diese für Radfahrer unter 16 Jahren. Carpenter und Stehr (2011) analysierten Veränderungen der Radnutzung von Jugendlichen (< 16) in 21 Bundesstaaten, die bis zum Jahre 2005 ein geltendes Gesetz für diese Zielgruppe besaßen. Als Datengrundlage nutzten sie zum einen Elternberichte von 1995 bis 2000 vom Center of Disease Control's Behavioral Risk Factor Surveillance System (N=115.886), zum anderen Angaben der Zielgruppe selbst für die Jahre 1991 bis 2005, gewonnen aus dem National Youth Risk Behavior Surveillance System (N=34.014). Carpenter und Stehr (2011) operationalisierten Radfahren als dichotome Variable: Eine Person war entweder Radfahrer oder kein Radfahrer. Radfahrer wurden mit folgender Frage identifiziert: „Wie oft im letzten Jahr hast du/ hat Ihr Kind

beim Radfahren einen Helm getragen?“. Die 6-stufige Antwortskala reichte von "niemals" bis "immer" und enthielt zusätzlich "kein Rad gefahren". Wählten die Befragten letztere Möglichkeit, wurden sie bzw. ihr Kind als Nicht-Radfahrer klassifiziert. Carpenter und Stehr (2011) zufolge verursachte die Einführung der Helmpflicht einen Rückgang der jugendlichen Radfahrer von 4-5 %.

#### 4.3.5 Finnland

In Finnland werden seit 1974 alle 6 Jahre Haushaltsbefragungen durchgeführt bei denen auch die Radnutzung erhoben wird. Abbildung 94 zeigt die Anzahl der Wege sowie die gefahrenen Kilometer pro Person pro Tag. Nach Einführung der Helmpflicht im Jahr 2003 sinken zwar beide Maße. Dieser Rückgang kann aber nicht eindeutig der Helmpflicht zugeschrieben werden, da vor Einführung lediglich Daten von einem Messzeitpunkt zur Verfügung stehen. Es kann sich hierbei also um einen von der Helmpflicht unabhängigen Trend handeln. In den Jahren davor wurden die entsprechenden Daten methodisch anders erhoben. So sind mitunter nur Teilnutzungsdaten (z. B. nur Reiseverkehr) ermittelt worden.

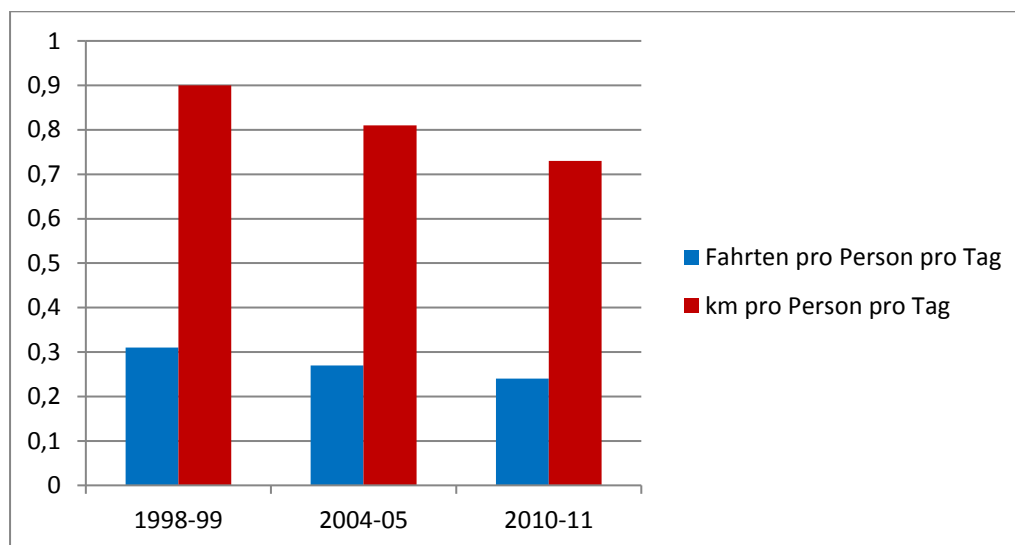


Abbildung 94: Entwicklung der Radnutzung in Finnland. Einführung der Helmpflicht im Jahr 2003 (Finnish Transport Agency, 2012; Ministry of Transport and Communications Finland, Finnish National Road Administration, Finnish National Rail Administration and WSP Finland Ltd, 2005; WSP Finland Ltd, 2012).

Zählungen von Radfahrern in Helsinki (werktags im Juni) zeigen zwar eine leichte Delle des Trends zwischen den Jahren 2002 und 2007. Danach setzt sich der Trend zu mehr Radnutzung aber wieder fort. (siehe Abbildung 95).



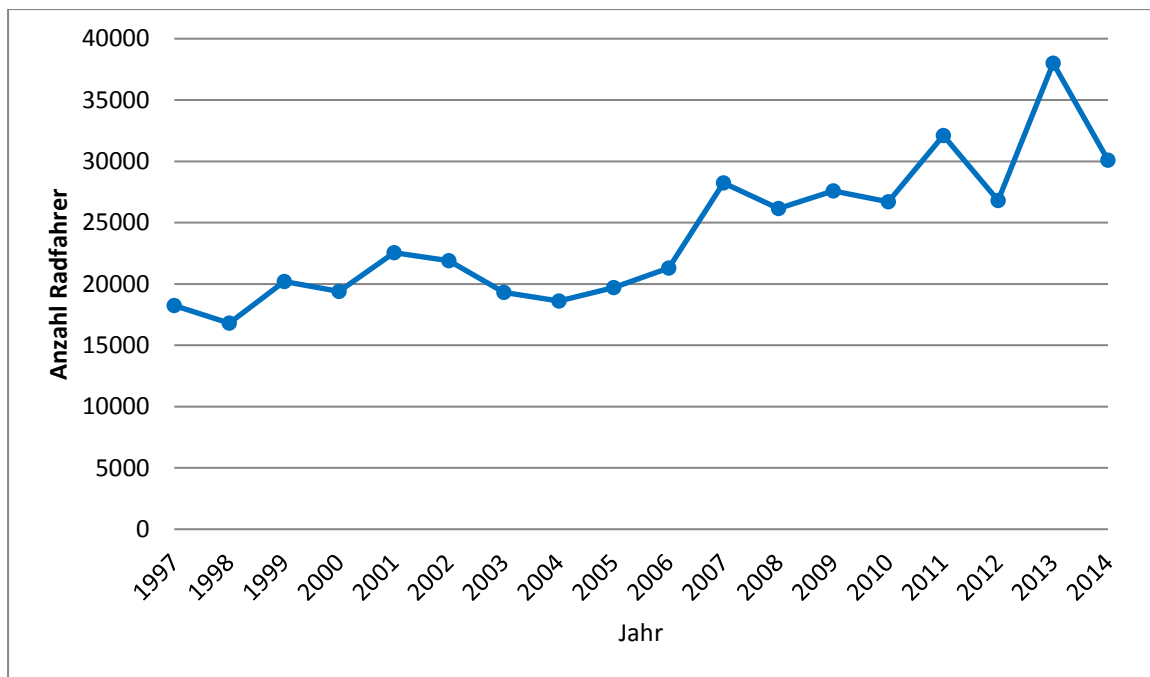


Abbildung 95: Entwicklung der Radnutzung in Helsinki. Einführung der Helmpflicht im Jahr 2003 (Stadt Helsinki, Verkehrsplanungsamt, 2014).

#### 4.3.6 Schweiz

Die bfu veröffentlicht seit 2005 jedes Jahr einen Bericht über das Sicherheitsniveau und Unfallgeschehen im Straßenverkehr der Schweiz (SINUS-Report). Darin werden auch Ergebnisse der jährlichen Bevölkerungsbefragung präsentiert. Im Jahr 2012 wurden die Schweizer gefragt, ob sie ganz oder teilweise auf das Radfahren verzichten würden, würde das Helmtragen obligatorisch werden. Diese Frage beantworten insgesamt 17 % mit „Ja“, wobei mehr Männer als Frauen und deutlich mehr Personen mit geringer als mittlerer oder hoher Schulbildung das Radfahren ganz oder teilweise aufgeben würden (bfu, 2013).

Tabelle 49: Übersicht über die Auswirkungen der Einführung einer Helmpflicht auf die Radnutzung in Ländern mit verfügbaren Daten.

| <b>Land</b> | <b>Gesetz<br/>(Zielgruppe)</b> | <b>Stichprobe</b> | <b>Änderung<br/>Helmtragequo-<br/>te nach Helm-<br/>pflicht</b> | <b>Änderung Radnutzung<br/>nach Helmpflicht</b> | <b>Erkenn-<br/>bare Ef-<br/>fekte</b> | <b>Datenbasis</b> | <b>Anmerkung/<br/>Einschränkung</b>                                                                                              |
|-------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Neuseeland  | 1994 (alle)                    | 5-12 Jahre        | + 10 % (gesamt<br>97 %) (KE, ME,<br>LE)                         | Rückgang 16 %                                   | ME, LE                                | Befragung         | Kein eindeutiger kausaler<br>Zusammenhang zwischen<br>Rückgang der Radnutzung<br>und Einführung der Helm-<br>pflicht nachweisbar |
|             |                                | 13-18 Jahre       | + 34 % (KE, ME,<br>LE)                                          | Rückgang 38 %                                   | ME, LE                                | Befragung         |                                                                                                                                  |
|             |                                | > 18 Jahre        | + 51 % (KE, ME,<br>LE)                                          | geringer Rückgang<br>erneuter Anstieg           | ME<br>LE                              | Befragung         |                                                                                                                                  |
| Australien  | (alle)                         |                   |                                                                 |                                                 |                                       |                   |                                                                                                                                  |
| ACT         | 1992                           | alle Radfahrer    | NB                                                              | Rückgang: 33-55 %                               | KE                                    | Zählanlagen       | wenig Daten                                                                                                                      |
|             |                                | Berufspendler     | NB                                                              | geringer Anstieg                                | KE, ME, LE                            | Zensusdaten       |                                                                                                                                  |
| NSW         | 1991                           | < 16 Jahre        | + 42 % (KE)                                                     | Rückgang: 44 %                                  | KE                                    | Beobachtungen     | Fokus der Studie lag auf der<br>Helmtragequote                                                                                   |
|             |                                | Berufspendler     | + 58 % (KE)                                                     | Rückgang                                        | KE, ME, LE                            | Zensusdaten       |                                                                                                                                  |
| NT          | 1992*                          | Kinder            | NB                                                              | keine Veränderung                               | KE                                    | Befragung         |                                                                                                                                  |
|             |                                |                   |                                                                 | Rückgang: 17 %                                  | ME                                    |                   |                                                                                                                                  |
|             |                                | Jugendliche       | NB                                                              | Rückgang: 36-39 %                               | KE, ME                                | Befragung         |                                                                                                                                  |
|             |                                | Berufspendler     | NB                                                              | Rückgang                                        | KE, ME, LE                            | Beobachtung,      |                                                                                                                                  |

| <i>Land</i> | <i>Gesetz<br/>(Zielgruppe)</i> | <i>Stichprobe</i> | <i>Änderung<br/>Helmtragequo-<br/>te nach Helm-<br/>pflicht</i> | <i>Änderung Radnutzung<br/>nach Helmpflicht</i> | <i>Erkenn-<br/>bare Ef-<br/>fekte</i> | <i>Datenbasis</i> | <i>Anmerkung/<br/>Einschränkung</i>           |
|-------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
|             |                                |                   |                                                                 |                                                 |                                       | Zensusdaten       |                                               |
| QLD         | 1993                           | Berufspendler     | NB                                                              | Rückgang                                        | KE, ME, LE                            | Zensusdaten       |                                               |
| SA          | 1991                           | < 15 Jahre        | + 26-74 % (ME)                                                  | keine Veränderung                               | KE, ME                                | Befragung         | wenig Daten vor Einführung<br>der Helmpflicht |
|             |                                | ≥ 15 Jahre        | + 76-85 % (ME)                                                  | keine Veränderung                               | KE, ME                                | Befragung         |                                               |
|             |                                | Berufspendler     | + 59 % (ME)                                                     | keine Veränderung                               | KE, ME                                | Beobachtung       |                                               |
|             |                                | Berufspendler     | + 59 % (ME)                                                     | Rückgang im Trend                               | KE, ME, LE                            | Zensusdaten       |                                               |
| TAS         | 1991                           | Berufspendler     | NB                                                              | Rückgang, dann zurück auf<br>Ausgangsniveau     | KE, ME<br>LE                          | Zensusdaten       | nur wenige Berufspendler                      |
| VIC         | 1990                           | Kinder            | + 44 % (KE)                                                     | Rückgang im Trend                               | KE,ME                                 | Beobachtung       |                                               |
|             |                                | Jugendliche       | + 44 % (KE)                                                     | Rückgang dann zurück auf<br>Ausgangsniveau      | KE,ME<br>LE                           | Beobachtung       |                                               |
|             |                                | Erwachsene        | + 44 % (KE)                                                     | Rückgang dann zurück auf<br>Ausgangsniveau      | KE, ME<br>LE                          | Beobachtung       |                                               |
|             |                                | Berufspendler     | + 44 % (KE)                                                     | Rückgang im Trend                               | KE, ME, LE                            | Zensusdaten       |                                               |
|             |                                | Modal Split       | + 44 % (KE)                                                     | Rückgang                                        | LE                                    | NB                |                                               |
| WA          | 1992                           | Alle Radfahrer    | NB                                                              | Rückgang dann zurück auf<br>Ausgangsniveau      | KE, ME<br>LE                          | Zählanlagen       | wenig Daten vor Einführung<br>der Helmpflicht |
|             |                                | Berufspendler     | NB                                                              | Rückgang                                        | KE, ME                                | Zensusdaten       |                                               |

| <b>Land</b> | <b>Gesetz<br/>(Zielgruppe)</b> | <b>Stichprobe</b>                                        | <b>Änderung<br/>Helmtragequo-<br/>te nach Helm-<br/>pflicht</b> | <b>Änderung Radnutzung<br/>nach Helmpflicht</b> | <b>Erkenn-<br/>bare Ef-<br/>fekte</b> | <b>Datenbasis</b>         | <b>Anmerkung/<br/>Einschränkung</b>                                                                        |
|-------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |                                |                                                          |                                                                 | erneuter Anstieg                                | LE                                    |                           |                                                                                                            |
| Kanada      |                                |                                                          |                                                                 |                                                 |                                       |                           |                                                                                                            |
| PEI         | 2003 (alle)                    | Jugendliche,<br>Erwachse, Frei-<br>zeit und Pend-<br>ler | NB                                                              | keine Veränderung                               | ME, LE                                | Befragung                 | nur ein Erhebungszeitpunkt<br>vor Einführung der Helm-<br>pflicht                                          |
| AB          | 2002<br>(<br>< 18 Jahre)       | Jugendliche,<br>Erwachse, Frei-<br>zeit und Pend-<br>ler | < 18: + 17-55 %<br>(ME)<br>18+: keine Ver-<br>änderung (ME)     | keine Veränderung                               | ME, LE                                | Befragung                 | nur ein Erhebungszeitpunkt<br>vor Einführung der Helm-<br>pflicht                                          |
| USA         | variiert (meist<br>< 16 Jahre) | < 16 Jahre                                               | < 16: + 4-66 %<br>(KE, ME)                                      | Rückgang: 4-5 %                                 | NB                                    | Befragung                 | Radnutzung nur dichotom<br>erfragt: Radfahrer/ Nicht-                                                      |
| Finnland    | 2003                           | alle Radfahrer                                           | + 22 % (LE)                                                     | Rückgang                                        | KE, ME, LE                            | Befragung,<br>Beobachtung | keine eindeutige Verknüp-<br>fung von Rückgang der<br>Radnutzung mit Einführung<br>der Helmpflicht möglich |

\* ab 1994 keine Helmpflicht für Personen über 18 Jahren auf Fuß- oder Radwegen abseits der Straße

KE = Kurzezeiteffekte, ME = Mittelfristige Effekte, LE = Langzeiteffekte, NB = nicht bekannt

#### 4.3.7 Vergleich mit Ländern ohne Helmpflicht

Die verfügbaren Daten und Analysen zeichnen kein deutliches Bild über die Wirkung einer Helmpflicht auf den Radverkehr. Um die Ergebnisse besser einordnen zu können, bietet sich eine Betrachtung der Entwicklung des Radverkehrs in Ländern ohne Helmpflicht an. Wäre in diesen Ländern ein eindeutiger Trend zu mehr oder weniger Radverkehr erkennbar, müsste dies bei der Interpretation zur Fahrradnutzung in den Ländern mit Helmpflicht berücksichtigt werden.

Auch in den Ländern ohne Fahrradhelmpflicht ist die Datenlage spärlich. Das OECD/International Transport Forum (2013) fragte mit dem Ziel der Untersuchung des internationalen Trends in der Radnutzung in 30 Ländern, die Teil der Working Group on Cycling Safety und/oder International Traffic Safety Data and Analysis Group (IRTAD) sind, nach Radnutzungsdaten. 23 Rückmeldungen lieferten Daten aus acht Ländern. Diese bilden der OECD/International Transport Forum (2013) zufolge keine solide Basis für eine breit angelegte Interpretation internationaler Trends in der Radnutzung.

Von den acht Ländern, die Radnutzungsdaten lieferten, besitzen folgende keine Helmpflicht: Korea, Großbritannien, Niederlande, Dänemark, Schweiz und Deutschland. Von diesen wird nun die Entwicklung der Radnutzung in den letzten Jahren oder Jahrzehnten betrachtet.

Die OECD/International Transport Forum (2013) gibt an, dass die Radnutzung in Korea in den letzten Jahren stark anwächst. So stiegen die gefahrenen Kilometer pro Person von 2000 bis 2009 jährlich um durchschnittlich 9,5 %.

Für Großbritannien lag der Wert im gleichen Zeitraum bei 1,2 %. Vor der Jahrtausendwende war die Radnutzung rückläufig. Abbildung 96 zeigt die gefahrenen Meilen pro Person pro Jahr von 1995 bis 2012. Seit 2002 steigt, unterbrochen von zwei Rückläufen in 2005 und 2010, die Radnutzung an. Der Anstieg von 1995 bis 2012 beträgt 23,3 %.

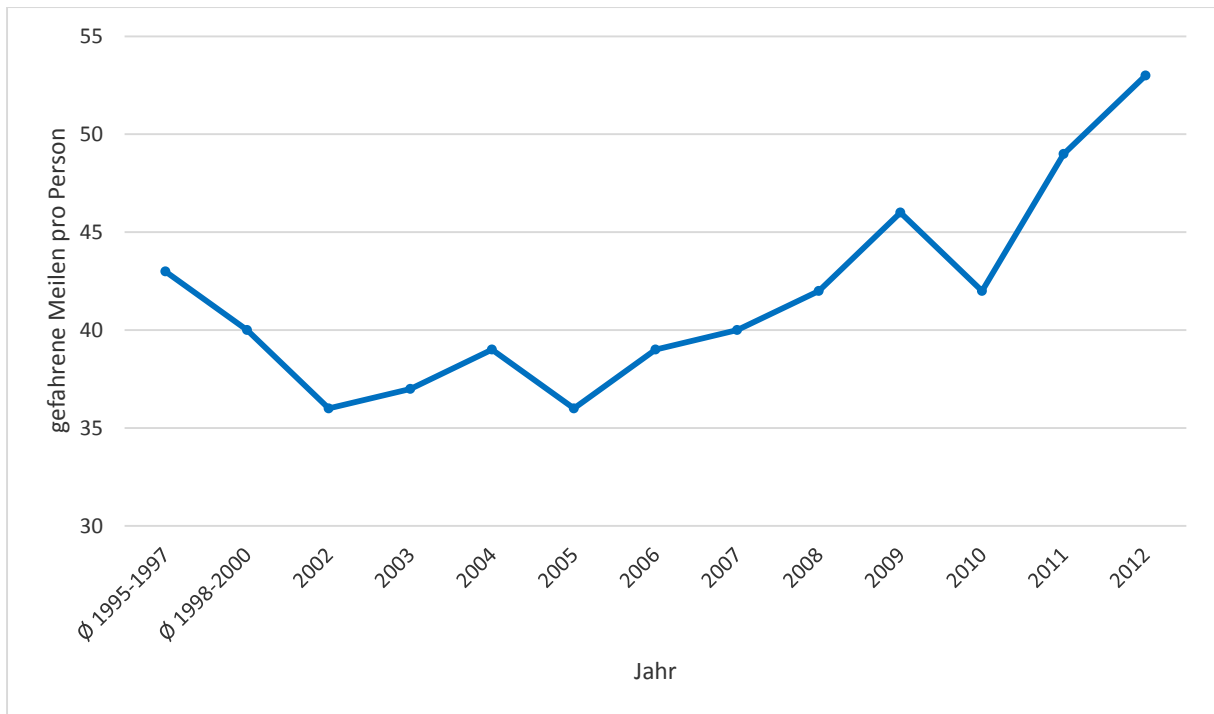


Abbildung 96: Entwicklung der Radnutzung in Großbritannien. Betrachtet werden die gefahrenen Meilen pro Person pro Jahr (GOV.UK, 2014a).

Auch in den Niederlanden ist die Radnutzung, gemessen in gefahrene km pro Person pro Jahr, im Trend bei starken jährlichen Schwankungen leicht ansteigend (siehe Abbildung 97). Dieser Anstieg war jedoch nicht kontinuierlich. Von 1987 bis 2002 fuhren die Niederländer zunächst weniger Rad, steigerten das Radfahren langfristig gesehen dann jedoch bis 2012 wieder.

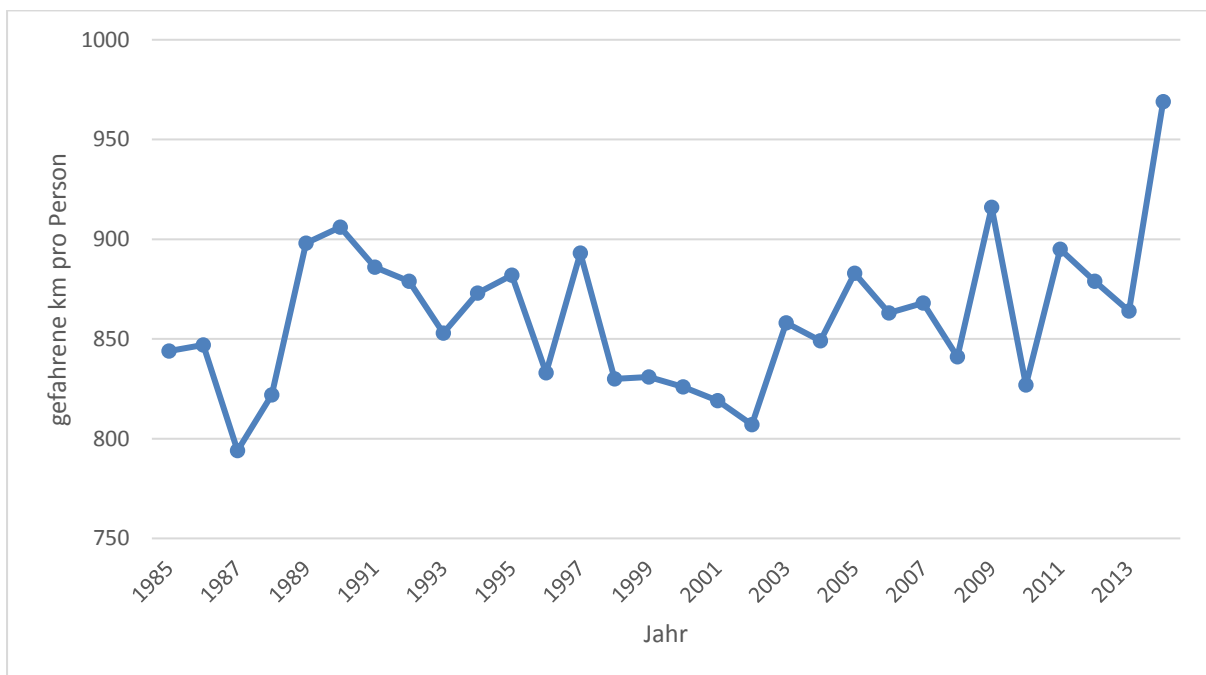


Abbildung 97: Entwicklung der Radnutzung in den Niederlanden. Betrachtet werden die gefahrenen Kilometer pro Person pro Jahr (eigenen Berechnung, Daten von SWOV, o. J.)

Die Veränderung von 1985 bis 2014 entspricht einem Anstieg von 14,8 %. In Dänemark verringerte sich die Nutzung des Fahrrads zunächst bis 2001 und steigt seitdem, unterbrochen von Rückgängen wieder an (Abbildung 98). Für die Jahre 2004 bis 2006 liegen keine Daten vor.

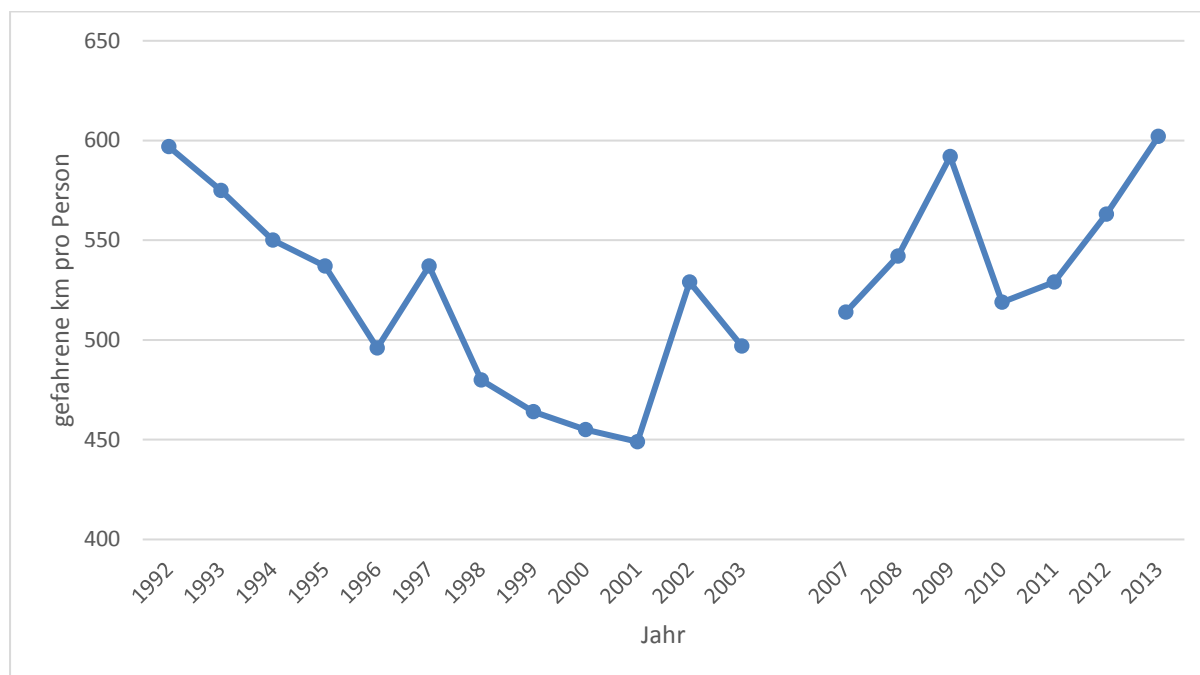


Abbildung 98: Entwicklung der Radnutzung in Dänemark. Betrachtet werden die gefahrenen Kilometer pro Person pro Jahr (DTU Transport, 2015).

Für die Schweiz ist die Datenverfügbarkeit geringer; hier konnten nur Daten in 5- bzw. 6-Jahresabständen aufgefunden werden. Dem Bundesamt für Statistik und Bundesamt für Raumplanung (2015) zufolge führen die Schweizer in den Jahren 1994 und 2000 pro Person 329 km mit dem Fahrrad, 292 km im Jahr 2005 und 293 km in 2010. Der Rückgang beträgt insgesamt 10,9 %.

In Deutschland stiegen die gefahrenen km pro Person von 2000 bis 2008 jährlich um durchschnittlich 3,4 % (OECD/International Transport Forum, 2013). Um ein besseres Bild der Veränderungen in der Radnutzung zu erhalten, werden weitere verfügbare Maße betrachtet. Abbildung 99 zeigt die Anzahl der Fahrten pro Person und Jahr von 1994 bis 2013. Der Anstieg über den gesamten Zeitraum beträgt 15,8 %.

Die Anzahl der Fahrten allein ist kein hinreichend aussagekräftiger Wert für die Beschreibung von Veränderungen der Radnutzung. Daher werden in Tabelle 50 weitere Maße dargestellt. Sowohl die gefahrenen km pro Person pro Jahr als auch der Modal Split der Fahrzeit und der Anzahl der Fahrten zeigen einen Anstieg an. In den Jahren 1996 bis 2000 (Mittel der Jahre) fuhr jede Person durchschnittlich 338 km pro Jahr mit dem Fahrrad, in den Jahren 2006-2010 waren dies bereits durchschnittlich 468 km. Die Fahrradnutzung in km/Person/Jahr hat damit innerhalb von 10 Jahren um ca. 36 % zugenommen.

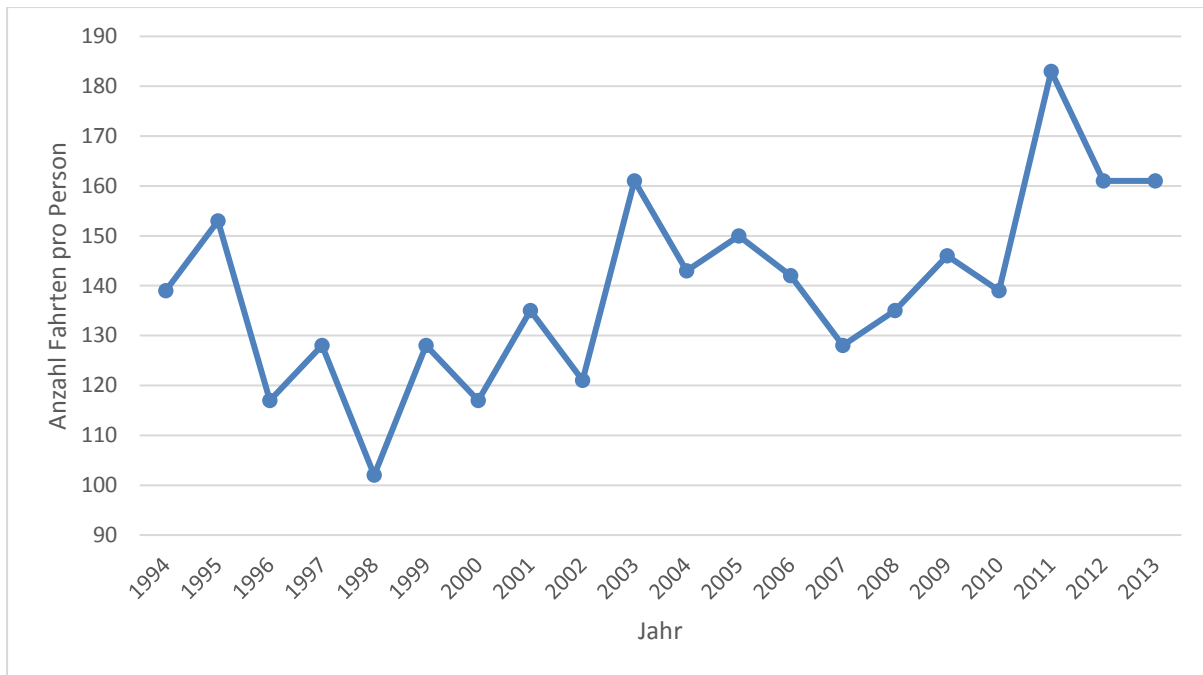


Abbildung 99: Entwicklung der Radnutzung in Deutschland. Betrachtet wird die Anzahl der Fahrten pro Person pro Jahr, bei welchen das Fahrrad das Hauptverkehrsmittel war (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR, 2016).

Tabelle 50: Veränderung der Radnutzung in Deutschland, dargestellt anhand verschiedener Nutzungsmaße.

| Maß                                       | Jahre       | Daten  |
|-------------------------------------------|-------------|--------|
| gefahrte km pro Person<br>pro Woche       | Ø 1996-2000 | 6,5 km |
|                                           | Ø 2001-2005 | 8,1 km |
|                                           | Ø 2006-2010 | 9 km   |
| Modal Split der Fahrzeit                  | Ø 1996-2000 | 8,9 %  |
|                                           | Ø 2001-2005 | 11 %   |
|                                           | Ø 2006-2010 | 10,6 % |
|                                           | 2013        | 11,1 % |
| Modal Split der Anzahl der Fahrten (Wege) | 1997        | 9,6 %  |
|                                           | 2002        | 9,5 %  |
|                                           | 2008        | 11 %   |
|                                           | 2013        | 12,9 % |

Quelle: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR, 2016)



Die Analyse verfügbarer Radnutzungsdaten aus verschiedenen europäischen Ländern zeigt mehrheitlich einen Rückgang der Radnutzung, beginnend in den frühen 90ern, bis kurz nach der Jahrtausendwende. Hierauf folgte ein stetiger, durch kurze Rückgänge unterbrochener Anstieg, welcher bis heute anhält. In Deutschland zeigt sich dieser Anstieg bereits seit Mitte der 90er, in der Schweiz dagegen ist die Radnutzung in den letzten 10 bis 15 Jahren rückläufig.

Betrachtet man nun erneut die Radnutzungsdaten aus Ländern mit Helmpflicht (siehe oben), lässt sich Folgendes ergänzen: Der Rückgang der Radnutzung in Neuseeland von 1989/90 bis zur Periode 2003-2007 (welcher, aufgrund der Erhebungslücke zwischen diesen Jahren nicht erkennbar, ggf. auch schon vor 2003 beendet worden sein könnte) ist in einem ähnlichen Zeitraum auch in mehreren europäischen Ländern zu beobachten. Dies ist ein weiteres Indiz dafür, dass dieser Rückgang nicht (allein) durch die Helmpflicht in Neuseeland verursacht sein kann. In Australien nimmt von 1986 bis 2001 der prozentuale Anteil von Radfahrern auf dem Arbeitsweg ab und steigt danach wieder bis zum derzeit letzten Erhebungszeitpunkt in 2011. Auch diese Entwicklung deckt sich mit jener in Großbritannien, den Niederlanden und Dänemark und ist somit nicht zwangsläufig der Helmpflicht zuzuschreiben. In Kanada stagniert die Radnutzung von 2001 bis 2007. Dies könnte u.U. eine Dämpfung des Anstiegs, der seit Anfang des Jahrtausends in zahlreichen anderen Ländern zu beobachten ist, verursacht durch die Helmpflicht, darstellen. Aufgrund fehlender Daten für den Zeitraum vor 2001 sowie einer Vielzahl weiterer möglicher Einflussfaktoren, kann diese Annahme nicht belegt werden.

#### 4.3.8 Vergleich mit Mofafahrern

Zur weiteren Abschätzung der möglichen Auswirkungen einer Helmpflicht auf die Radnutzung kann die Entwicklung der Mofa-Nutzung nach Einführung der Helmpflicht herangezogen werden.

Daten zur tatsächlichen Nutzung der Mofas liegen nicht vor. Daher werden Daten zum Bestand an Mofas in der Schweiz und in Deutschland vor und nach der Einführung der Helmpflicht für Mofafahrer verwendet. Es wird davon ausgegangen, dass der Mofa-Bestand sich parallel mit der entsprechenden Veränderung der Nutzung verändert. Belegt werden kann diese Einschätzung mit den vorliegenden Daten nicht.

Sollte die Helmpflicht einen negativen Einfluss auf die Mofa-Nutzung ausgeübt haben, müsste sich dies in den Jahren nach Einführung Helmpflicht auf den Fahrzeugbestand auswirken. In Deutschland muss seit 1985, in der Schweiz seit 1982 beim Fahren eines Mofas ein Helm getragen werden. Für die Schweiz liegen Daten im Abstand von 5 Jahren vor (siehe Abbildung 100). Von 1980 bis 1985 ist zwar ein Rückgang im Bestand zu erkennen. Dieser liegt aber im Trend der seit 1970 kontinuierlichen Veränderung der Veränderungsrate des Bestandes.

Wenn die Fahrzeugnutzer das Fahrzeug trotz Helmpflicht zunächst weiter nutzen und erst bei einer erforderlichen Ersatzinvestition sich – auch wegen der Helmpflicht – gegen ein Mofa entscheiden würde sich die Auswirkung der Helmpflicht erst allmählich zeigen. Dies zeichnet sich durch die dargestellten Daten ab.

Gleichzeitig muss bei der Interpretation beachtet werden, dass die Mofas insbesondere in Deutschland bereits vor Einführung der Helmpflicht an Bedeutung verloren haben. In Deutschland (früheres Bundesgebiet) ist startete dieser Rückgang 1981, als die Prüfbescheinigung<sup>64</sup> eingeführt wurde.

Nach Meinung der Autoren spricht dies gegen die Annahme, dass die Helmpflicht hier Auslöser für den Rückgang des Bestandes war. Eine mögliche Beschleunigung des Rückganges durch die Helmpflicht legen vor allem die Daten für die Schweiz nahe. Für Deutschland kann dies auf Grundlage der Daten nicht eindeutig belegt – aber auch nicht ausgeschlossen werden.

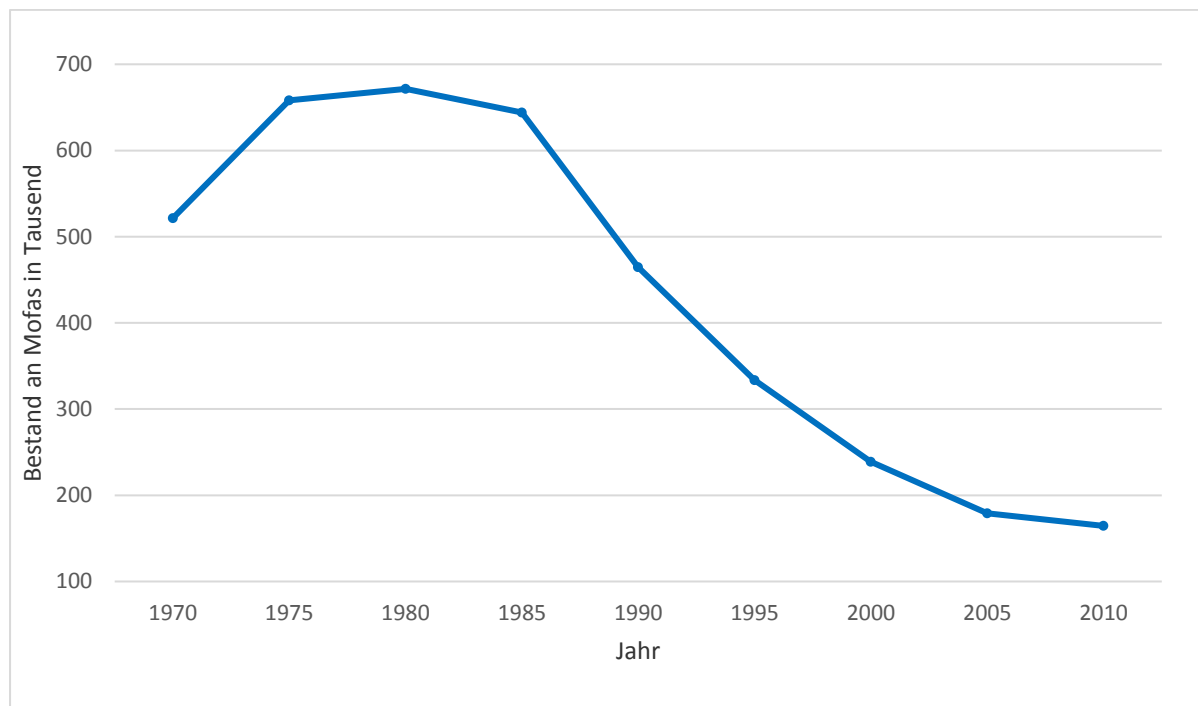


Abbildung 100: Entwicklung des Bestandes an Mofas in der Schweiz (Schweizer Bundesamt für Statistik, 2014). Einführung der Helmpflicht 1982

<sup>64</sup> Berechtigt zum Fahren eines Mofas; Absolvieren von sechs Doppelstunden Theorieunterricht mit anschließender Prüfung und einer Doppelstunde Praxisunterricht

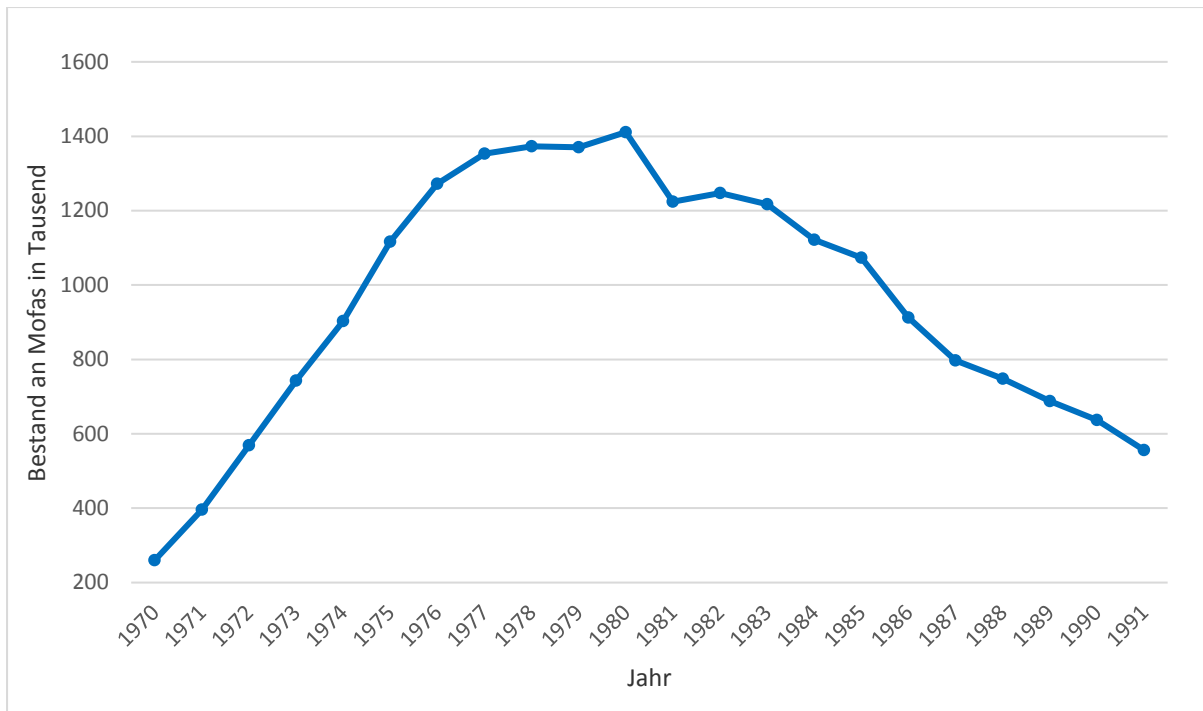


Abbildung 101: Entwicklung des Bestandes an Mofas in Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2014).  
Einführung der Helmpflicht 1985

Eine Übertragbarkeit auf die Entwicklung der Fahrradnutzung ist nur schwer möglich. Einerseits sind die Daten aufgrund ihrer Andersartigkeit nur eingeschränkt vergleichbar. Die Mofahelme unterscheiden sich zudem von der Bauart her deutlich von Fahrradhelmen (Gewicht, Preis). Beim Radverkehr spielt dafür aufgrund der körperlichen Aktivität der Aspekt der schlechteren Kühlung eine größere Rolle.

#### 4.3.9 Zusammenfassung

Die Wirkung einer Helmpflicht auf die Fahrradnutzung ist mit den derzeit vorliegenden Daten nicht eindeutig zu ermitteln. Die Interpretationsschwierigkeiten beginnen bereits mit der Frage, wann die potentielle Wirkung einer Helmpflicht auf die Fahrradnutzung einsetzen würde:

- Wenn die Verhaltensänderung in erster Linie daraus resultiert, dass sich mit der Helmpflicht die Wahrnehmung der Sicherheit des Fahrradfahrens negativ verändert, könnte die Wirkung bereits mit der Diskussion über die Notwendigkeit einer Helmpflicht einsetzen – also gegebenenfalls deutlich vor der Einführung selbst.
- Wenn die Beschwerden der Helmpflicht der Auslöser für eine zurückgehende Fahrradnutzung sind (Kosten der Anschaffung, Erschwernisse durch das Tragen und die Notwendigkeit des Mitführens eines Helmes) müsste ein Rückgang mit der Helmpflicht selber einsetzen.

Beide Effekte können mit den zur Verfügung stehenden Daten über alle Altersgruppen nicht eindeutig belegt werden:

- In Neuseeland lässt sich kein kausaler Zusammenhang zwischen dem dort beobachteten Rückgang der Radnutzung und der Einführung der Helmpflicht herstellen. Er ist auf Grund der schwierigen Datenlage allerdings auch nicht zurückzuweisen.
- Unterschiedliche Befunde für die einzelnen Bundesstaaten in Australien und die insgesamt relativ schlechte Datenlage ermöglichen keine sichere und vor allem keine allgemeingültige Aussage über den Einfluss der Helmpflicht auf den Radverkehr in Australien. Die Befunde zeigen aber eher in Richtung Rückgang.
- In Kanada ist kein Rückgang erkennbar, jedoch stehen auch hier zu wenige Daten vor Einführung der Helmpflicht zur Verfügung, weshalb nicht ausgeschlossen werden kann, dass ein vor der Helmpflicht bestandener Anstieg durch diese gehemmt wurde.
- In den 21 untersuchten Bundesstaaten der USA, die bis zum Jahr 2005 eine Helmpflicht für Jugendliche unter 16 Jahren besitzen, wurde eine geringe Abnahme des Radfahrens bei Kindern unter 16 Jahren aufgedeckt. Jedoch wurde die Radnutzung nur als dichotome Variable (Radfahrer/kein Radfahrer) erfasst, wodurch keine Aussage über eine Reduzierung der gefahrenen Kilometer oder der gefahrenen Zeit möglich ist.
- Auch in Finnland kann keine Verknüpfung zwischen der Helmpflicht und einem Rückgang der Radnutzung hergestellt werden.

Die Interpretation der Daten bezüglich einer Übertragung auf deutsche Verhältnisse wird dadurch erschwert, dass die Zusammensetzung der Fahrtzwecke mit der in Deutschland oft nicht vergleichbar ist. In vielen Ländern ist das Fahrrad deutlich stärker als Freizeitverkehrsmittel im Einsatz. Ob Freizeitradler oder Alltagsradfahrer eher mit Änderungen der Fahrradnutzung auf eine Helmpflicht reagieren ist jedoch nicht bekannt.

Da es nur wenige Daten gibt, die mehrere Jahre vor und nach Einführung einer Helmpflicht die Radnutzung der Gesamtbevölkerung berichten und diese zudem durch konfundierende Faktoren beeinflusst sind oder große Lücken in der Datenerfassung aufweisen, kann nur eine vage Einschätzung der Langzeitwirkung gegeben werden. Hierzu eignen sich lediglich die Zensusdaten aus Australien und die jährlich stattfindenden Beobachtungen in Helsinki. Die Zensusdaten aus Australien spiegeln allerdings lediglich die Radnutzung der Berufspendler wider. Diese variiert je nach Bundesstaat; über alle Bundesstaaten hinweg, also für Gesamtaustralien, war sie noch viele Jahre nach Einführung der Helmpflicht rückläufig und stieg erst etwa 15 Jahre danach wieder an. In Helsinki liegt der Rückgang des Radverkehrs im Zeitraum der Helmpflicht innerhalb der normalen jährlichen Schwankungsbreiten.

Auffällig ist ein teilweise deutlicher Rückgang der Fahrradnutzung bei Kindern und Jugendlichen in den Staaten in denen diese separat erhoben wurden. So konnte eine rückläufige Fahrradnutzung in Neuseeland, in den australischen Bundesstaaten in denen diese Nutzergruppe getrennt ausgewiesen wurden (South Wales, Northern Territories, Victoria und Melbourne) sowie in den untersuchten Bundesstaaten der USA festgestellt werden. Eine ausschließlich kausale Ursache der Einführung einer Helmpflicht ist allerdings nicht nachweisbar – zumal tendenziell rückläufige Fahrradnutzung in den Zeiträumen, in denen die Helmpflicht dort eingeführt wurde, auch in anderen Staaten, die keine Helmpflicht einführten, beobachtet werden konnten.

Selbst dort wo – auf unsicherer Datenbasis – ein Rückgang der Fahrradnutzung beobachtet wurde, haben sich die Werte nach kurzer Zeit teilweise wieder erholt. Eine (anhaltende) Abnahme der Radnutzung aufgrund der Helmpflicht für die Gesamtbevölkerung kann folglich aus den Befunden nicht geschlossen, allerdings auch nicht verworfen werden. Quantitative Werte, die als Prädiktor für

ein mögliches Helmpflicht-Szenario in Deutschland herangezogen werden können, können seriös aus den Befunden nicht abgeleitet werden. In einer groben qualitativen Abschätzung aller Daten kann man eine Reduzierung der Fahrradfahrleistung in einstelliger Höhe erwarten. Das deckt sich mit den Befunden der eigenen Telefonbefragung (Tabelle 35, S. 123). Es kann erwartet werden, dass mögliche Reduzierungen reversibel sind und nach einigen Jahren ausgeglichen sind.

## 4.4 Quantifizierung der negativen Gesundheitswirkung durch Rückgang des Radverkehrs

Grundlage der weiteren Berechnungen sind die Metaanalysen von (Kelly, et al., 2014) und (World Health Organization, 2014), die sich jeweils auf die sieben bis zum Jahr 2014 bekannten Studien zur Quantifizierung der Gesundheitswirkung des Radfahrens über eine veränderte Sterberate beziehen.

Die Auswertung von 20 Teilergebnissen aus diesen 7 Studien des relativen Risikos RR (siehe Exkurs Hazard Ratio und relatives Risiko, S. 135) der Sterbewahrscheinlichkeit von Radfahrenden in Abhängigkeit der MET-Stunden (siehe Fußnote S. 134) ist in Abbildung 102 dargestellt. 6,8 MET pro Woche entspricht in dieser Berechnung 100 Minuten Radfahren in der Woche (World Health Organization, 2014). In den Studien wurden Probanden im Alter zwischen 20 und 93 untersucht. Die Daten wurden auf andere körperliche Aktivitäten korrigiert, sodass ein  $RR=1$  für Fahrradfahrleistung Null ohne weitere körperliche Aktivitäten steht.

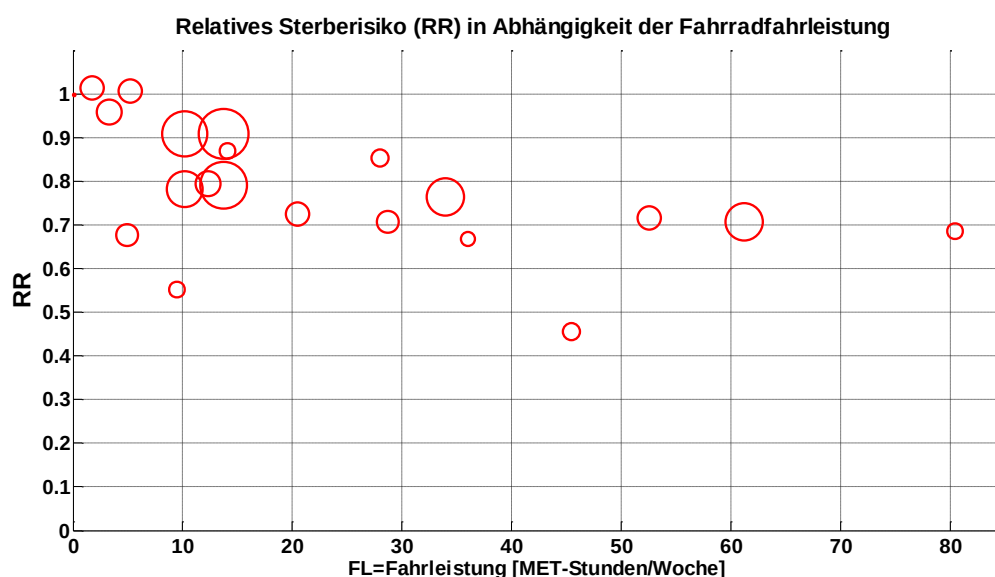


Abbildung 102: Relatives Risiko der Sterblichkeit eines Fahrradfahrenden in Abhängigkeit der wöchentlichen Fahrradfahrdosis, abgeleitet aus 20 Teilergebnissen aus 7 weltweiten Studien. Die Größe der Kreise ist umgekehrt proportional zur veröffentlichten Varianz. (modifiziert nach World Health Organization, 2014).

Die Werte von Abbildung 102 wurden mit einer gewichteten doppelten Exponentialfunktion gefittet, wobei die Wichtungen umgekehrt proportional zur Varianz der Einzelergebnisse waren und umgekehrt proportional zum Abstand der Ausgleichskurve waren. Es ergibt sich die in Abbildung 103 dargestellte RR-Funktion. In der Abbildung sind zum Vergleich die Ergebnisse der Auswertung von Kelly et al., 2014 (siehe Abbildung 79, S. 139), die auf denselben Daten fußt, und die Kurve des Approximation von Woodcock, 2011 (Abbildung 78, S. 133) für allgemeine körperliche Tätigkeiten eingezeichnet. Man erkennt, dass die Unterschiede zwischen Fahrradfahren und allgemeine körperliche Tätigkeit bei der Relativierung auf MET gering ausfallen.

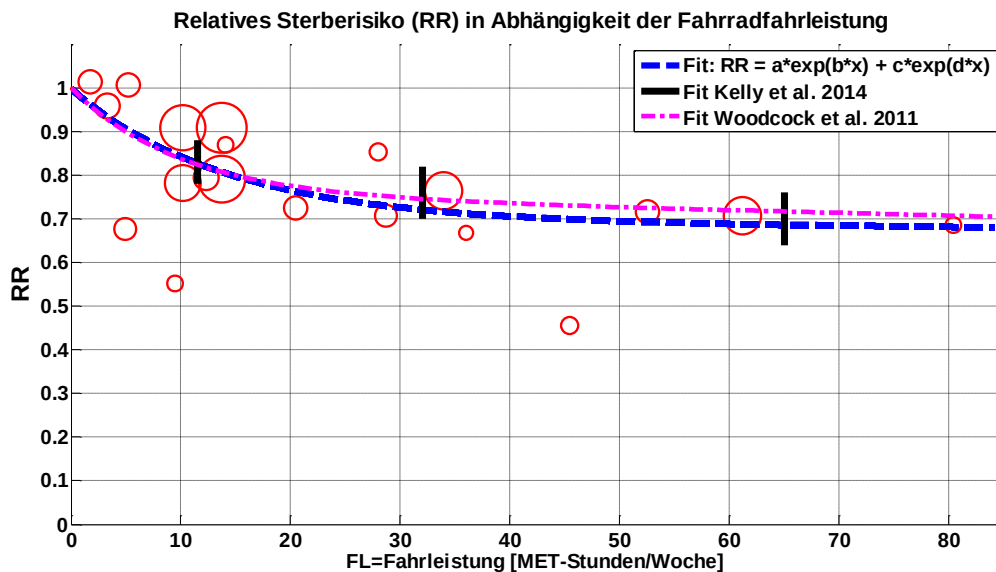


Abbildung 103: Relatives Risiko der Sterblichkeit in Abhängigkeit der wöchentlichen Fahrradfahrdosis mit Exponentialfit. Dargestellt sind auch die Approximationen von Kelly et al., 2014 und Woodcock et al. 2011, letztere für allgemeine (gemäßigte) körperliche Bewegung.

Für das relative Sterberisiko in Abhängigkeit von der Fahrleistung (in MET-Stunden/Woche) ergibt sich dann:

$$RR(FL) = 0,3 \cdot e^{-0,07 \cdot FL} + 0,7 \cdot e^{-0,00027 \cdot FL} \quad (22)$$

Für die Berechnung der durch Fahrradfahren verhinderten Gestorbenen (durch Reduktion der Sterberate) benötigt man als Größen:

- Anzahl von Fahrradfahrern,
- ihre Fahrradnutzung (Fahrradfahrexposition),
- ihre sonstige körperliche Aktivität und
- die statistisch gemessene Sterberate der Gesamtpopulation in einer bestimmten Altersklasse.

Da die Sterberate vom Alter abhängt, benötigt man Daten der Fahrradfahrexposition unterschiedlicher Altersklassen. Für die weiteren Berechnungen wurden fünf Altersklassen ausgewählt.

- I Altersklasse 0-9
- II Altersklasse 10-19
- III Altersklasse 20-64
- IV Altersklasse 65-79
- V Altersklasse 80-99<sup>65</sup>

Für die Parameter des Rückgangs der Fahrradfahrleistung und des möglichen Übergangs auf das Zufußgehen entsprechend der Ergebnisse von Kapitel 4.1 (Tabelle 41, S. 128) werden für die Fahr-

<sup>65</sup> Die Autoren gehen davon aus, dass der Anteil der über 100-Jährigen vernachlässigt werden kann.

radfahrer aus den Klasse I und II (1-9 und 10-19) die Daten der 14-19-Jährigen verwendet. Für die Altersklassen IV und V (über 64) werden die Daten der über 64-Jährigen verwendet.

Zur Ermittlung der Fahrradfahrexposition für diese Altersklasse wurden die Daten von MID 2008 (2010) ausgewertet. Im Jahr 2014 gab es bei Berücksichtigung eines 10-prozentigem Anstieg seit 2008  $N = 11,916$  Millionen aktive Fahrradfahrer<sup>66</sup>.

Die Berechnungen der Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens in Deutschland wurden gemäß Vorgehen von Anhang 6 (S. 350) für Fahrradfahrer im Alter zwischen 20 und 64 Jahre durchgeführt. Die Berechnungen für die anderen Altersklassen werden analog durchgeführt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass alle Untersuchungen über den Einfluss des Fahrradfahrens nur mit Personen im Alter zwischen 20 und 64 Jahren durchgeführt worden sind. Ein Übertrag auf Jüngere und Ältere ist strenggenommen nicht zulässig. Wir haben dennoch Rechnungen durchgeführt. Es stellt sich im Verlauf der Rechnung heraus, dass die errechneten Werte für die Jüngeren so gering sind, dass sie ohnehin vernachlässigt werden können.

#### 4.4.1 Summarische Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens

In Tabelle 51 ist die summarische jährliche Gesundheitswirkung (durch Veränderung der Sterberate) des Fahrradfahrens differenziert nach Altersklassen dargestellt. Für die Grundaktivität der deutschen Bevölkerung (differenziert nach Altersklassen) wurden bei der Berechnung auf Daten des DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“ (Froböse & Wallmann-Sperlich, DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“, 2016) zurückgegriffen. Der Report differenziert in die Altersklassen 18-29, 30-45 Jahre, 46-65 Jahre, >66 Jahre. Für die Grunddosis  $D_0$  wurden die dort veröffentlichten Mittelwerte (nach Abzug des geschätzten Einflusses des Fahrradfahrens auf die Grundaktivität) herangezogen und auf unsere Altersdifferenzierung gemappt (siehe Anhang Tabelle 89, S. 361). Der Report ist ebenfalls Grundlage für die Festlegung der altersdifferenzierten Zusatzdosis  $D_{F0}$  körperlicher Aktivität der Fahrradfahrer, die angibt, wieviel körperliche Aktivität Fahrradfahrer neben dem Fahrradfahren noch haben.

*Tabelle 51: Zusammenfassung der Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens in Deutschland (Zahlen in Einheit: Tote).*

| Altersklasse | Weniger jährliche Tote der 1-99-jährigen Fahrradfahrer im Altersvergleich |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1-9          | 6,5                                                                       |
| 10-19        | 23                                                                        |
| 20-64        | 1773                                                                      |
| 65-79        | 3771                                                                      |

<sup>66</sup> Die Anzahl der Fahrradbesitzer ist wesentlich höher. Ebenfalls ist die Zahl derjenigen höher, die im MID 2008 angaben, gelegentlich Fahrrad zu fahren. Die hier verwendete Zahl ergibt sich aus den Fahrradfahrern, die Wege zurückgelegt haben und deshalb im Wegedatensatz enthalten sind. Die Zahl wurde im MID 2008 auf die Grundgesamtheit der deutschen Bevölkerung hochgerechnet.



|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| 80-99                     | 1465        |
| <b>SUMME<br/>1-99</b>     | <b>7038</b> |
| <i>Vergleich<br/>1-49</i> | 445         |

Man erkennt, dass das Fahrradfahren sich bezüglich der Reduzierung der Sterbezahlen insbesondere bei Älteren bemerkbar macht. Zum Vergleich sind in Tabelle 51 die Zahlen der 1-49-Jährigen eingezeichnet. Allerdings ist wie erwähnt damit nicht die gesamte Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens, sondern nur die Reduzierung der Sterbezahlen dargestellt. Nicht gesichert ist auch, wie die Dosis-Wirkbeziehungen des Fahrradfahrens auf die unter 20-Jährigen zu übertragen sind und ob nicht für die über 65-Jährigen Modifikationen notwendig sind. Immerhin geht nach der Berechnung 94 % aller vermiedenen Toten auf das Konto der über 50-Jährigen und nur 6 % auf das der unter 50-Jährigen.

#### 4.4.2 Einfluss einer Helmpflicht

Bei der Berechnung der Gesundheitsfolgen einer Helmpflicht wird berücksichtigt, dass ein Teil der Fahrradfahrer nach Einführung einer Helmpflicht ganz aufhören zu fahren (Gruppe der Aufhörer) oder die Fahrleistung reduziert (Gruppe der Reduzierer). Zusätzlich wird berücksichtigt, dass die Menschen über eine Grundaktivität verfügen – also auch Nicht-Radfahrer ein gewisses Maß an körperlichen Aktivitäten haben und entsprechend bei einem Ausbleiben der Fahrradnutzung eine Restaktivität verbleibt. Berücksichtigt wurde auch, dass die vermiedene Fahrradfahrleistung ganz oder teilweise durch andere gesundheitsfördernde Aktivitäten kompensiert wird. Das Maß dieser Kompensation wurde durch die untersuchungseigene Befragung ermittelt.

#### 4.4.3 Berücksichtigung des Modalsplits Fußgänger

Ein Anteil der vermiedenen Fahrradfahrleistung führt dazu, dass die Fahrradfahrer die Strecken zu Fuß zurücklegen. Die Gesundheitswirkung des Zu-Fuß-Gehens ist bezogen auf gleiche Strecken etwa gleich groß wie Fahrradfahren es wird aber eine längere Zeit benötigt<sup>67</sup>. Daher reduziert sich die Zahl der zusätzlichen Toten nach Einführung der Helmpflicht. Bei den über 65-Jährigen sind es fast 70 % derjenigen, die aufhören Fahrrad zu fahren, die die Strecken dann zu Fuß zurücklegen.

Die Berechnungsmethode zur Berechnung der Wirkung des Zu-Fuß-Gehens ist analog zu der oben für die Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens vorgestellten. Aus der in Kapitel 4.1 (S. 96) dargestellten Befragung im Rahmen dieses Projektes lässt sich ableiten, wie viel der reduzierten Fahrradleistung durch Zufußgehen ersetzt wird (Tabelle 41, S. 128). Mit den Daten lässt sich die durch den Übergang auf das Zufußgehen verhinderte Reduktion der Toten wegen einer Reduzierung des Radverkehrs mit den Berechnungsvorschriften von Anhang 6 (S. 350) ermitteln. Summarisch ergeben sich bei den 20-65-Jährigen 11,7 Tote pro Jahr weniger durch die Wirkung des Zufußgehens. Dabei

<sup>67</sup> Auf den Weg bezogen ergibt sich für das Fahrradfahren bei abgenommenen 15km/h ein 0,136 MET/km und für das Zufußgehen 0,33 MET/km, mehr als doppelt so viel. Allerdings ist die Risikoreduktion bei Zufußgehen bei gleicher MET-Leistung etwa halb so groß wie beim Fahrradfahren (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, S. 120).

wurde angenommen, dass beim Wechsel vom Radfahren zum Zu-Fuß gehen konstante Wegelängen zugrunde gelegt werden. U. U. werden die Wegelängen beim Übergang auf das Zu-Fuß-Gehens aber auch reduziert (siehe Diskussion Kapitel 4.5).

#### 4.4.4 Gesamtberechnung

In Tabelle 52 sind die Ergebnisse der Berechnungen für alle Altersklassen zusammengefasst.

*Tabelle 52: Zusammenfassung der Gesundheitswirkung des Rückgangs der Fahrradfahrleistung, induziert durch eine obligatorische Helmpflicht unter Annahme der in Kapitel 4.1 (Tabelle 41, S. 128) geschätzten Zahlen des Rückgangs der Fahrradfahrleistung (Zahlen in Einheit: Tote).*

| Altersklasse          | Mehr Tote wegen Reduzierung Fahrradfahrleistung | Weniger Tote wegen mehr Fußgängerleistung | Summarische Erhöhung Tote pro Jahr |
|-----------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
| 1-9                   | 1,3                                             | 0,25                                      | 1                                  |
| 10-19                 | 4,2                                             | 0,5                                       | 3,6                                |
| 20-64                 | 101                                             | 11,8                                      | 89,4                               |
| 65-79                 | 328                                             | 142,4                                     | 185,3                              |
| 80-99                 | 152                                             | 55,7                                      | 96,2                               |
| <b>SUMME</b>          | <b>586</b>                                      | <b>210,6</b>                              | <b>375,5</b>                       |
| Zum Vergleich<br>1-49 | 24                                              | 2,7                                       | 21,3                               |

#### 4.4.5 Berücksichtigung des Ausgleichs durch Sport

Bei der im Zuge dieses Projektes durchgeführten Befragung wurde auch gefragt, ob diejenigen, die nach einer Einführung einer Helmpflicht gar nicht mehr Fahrradfahren wollten oder dieses zumindest einschränken würden, die Reduktion durch zusätzlichen Sport ausgleichen würden. Antwortmöglichkeiten waren ja, teilweise, nein. Für eine gesicherte Aussage ist diese Frage nicht detailliert genug und eine reale Einschätzung des Umgangs des sportlichen Ausgleichs für die Befragten schwierig. Es wurden dennoch Berechnungen durchgeführt, aber sehr konservative Werte angenommen. Es wurde nur für den Anteil von Fahrradfahrern die Wirkung zusätzlichen Sports berechnet, die angaben, einen Rückgang des Fahrradfahrens *stark* durch Sport auszugleichen (Tabelle 37, S. 124).

Im DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“ (Froböse & Wallmann-Sperlich, DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“, 2016) werden Mittelwerte für körperliche Aktivitäten angegeben. In Tabelle 41, S. 128 sind die für die Berechnung weiteren notwendigen Parameter zusammengefasst (siehe auch Zusammenfassung in Tabelle 89, S. 361). In Tabelle 53 ist die Gesundheitswirkung des Rückgangs der Fahrradfahrleistung, induziert durch eine obligatorische Helmpflicht, mit Berücksichtigung einer teilweisen Kompensation durch zusätzlichen Sport zusammengefasst.

*Tabelle 53: Zusammenfassung der Gesundheitswirkung des Rückgangs der Fahrradfahrleistung, induziert durch eine obligatorische Helmpflicht unter Annahme der in Kapitel 4.1 (Tabelle 41, S. 128) geschätzten Zahlen des Rückgangs unter Berücksichtigung einer teilweisen Kompensation durch zusätzlichen Sport (Zahlen in Einheit Tote).*

| Altersklasse       | Mehr Tote wegen Reduzierung Fahrradfahrleistung Radverkehr | Weniger Tote wegen mehr Fußgängerleistung | Summarische Erhöhung Tote pro Jahr |
|--------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
| 1-9                | 0,6                                                        | 0,25                                      | 0,4                                |
| 10-19              | 2,1                                                        | 0,5                                       | 1,6                                |
| 20-64              | 79                                                         | 11,7                                      | 67                                 |
| 65-79              | 262                                                        | 142                                       | 119                                |
| 80-99              | 122                                                        | 56                                        | 66                                 |
| SUMME              | 466                                                        | 210                                       | <b>256</b>                         |
| Zum Vergleich 1-49 | 19                                                         | 2,7                                       | 16,3                               |

#### 4.4.6 Zusammenfassung

Es wurde eine Methode vorgestellt, um einerseits Gesundheitseffekte des Fahrradfahrens und andererseits negative und positive Effekte eines durch eine obligatorische Fahrradhelmpflicht induzierten Rückgangs der Fahrradfahrer oder der Fahrradfahrleistung zu berechnen.

Insgesamt wurde ermittelt, dass aufgrund der Gesundheitseffekte des Radfahrens in Deutschland jährlich **7.038** Todesfälle aufgrund von Bewegungsmangel vermieden werden.

Negative Gesundheitseffekte nach Einführung einer Fahrradhelmpflicht ergeben sich dadurch, dass die Fahrleistung im Radverkehr reduziert und damit der Gesundheitseffekt des Fahrradfahrens reduziert wird.

Positive Gesundheitseffekte durch eine Reduzierung der Fahrleistung im Radverkehr ergeben sich, weil die nicht mehr gefahrenen Strecken teilweise zu Fuß zurückgelegt werden, was wiederum eine positive Gesundheitswirkung nach sich zieht.

Grundlage der Berechnung waren die Ergebnisse der Metaanalysen von Kelly et al., 2014 und Woodcock et al., 2011. Bei der Berechnung der reduzierten Gesundheitswirkung bei Reduzierung der Fahrradfahrleistung wurden die Resultate der im Laufe des Projektes durchgeführten Online-Befragung genutzt und expositionsdifferenziert durchgeführt. Zur Berücksichtigung der Basisbetätigung wurde auf die Ergebnisse des DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“ (Froböse & Wallmann-Sperlich, DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“, 2016) zurückgegriffen. In einer zweiten Variante der Berechnung wurde berücksichtigt, dass die Fahrradfahrenden einen Verzicht des Fahrradfahrens teilweise durch zusätzlichen Sport ausgleichen.

Als Ergebnis ergeben sich in der Summe jährlich 375 (256 bei Berücksichtigung zusätzlichem Sports) mehr Tote als Resultat einer Reduzierung der Fahrradleistung nach einer hypothetischen Einführung einer Helmpflicht. Auffällig ist, dass nach der Berechnung nur 6,5 % auf die Altersklasse bis 50 und 93,5 % auf die Altersklasse über 50 fällt.

Die Berechnung fußt auf einigen wissenschaftlich nicht gesicherten Annahmen, die die Ergebnisse entweder nach oben oder nach unten verschieben können.

- Es wurden nur Abschätzungen auf Basis von Veröffentlichungen durchgeführt, die die Veränderung der Mortalitätsrate zum Inhalt haben. Veröffentlichungen die Gesundheitswirkungen des Fahrradfahrens für Erkrankungen untersuchen, die nicht zum Tode führen, konnten wegen fehlender stabiler Theorien zur monetären Quantifizierung dieser Effekte nicht berücksichtigt werden. Man kann erwarten, dass die Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens unter Berücksichtigung von Einflüssen auf Krankheiten größer als bei alleiniger Berücksichtigung des Einflusses auf die Sterberate ist.
- Die im Kapitel vorgestellten veröffentlichten Veränderungen der Sterberate in Abhängigkeit der Radfahrleistung fußen auf Untersuchungen, die Unterschiede zwischen Fahrradfahrern und Nichtfahrradfahrern festmachen. Da Fahrradfahren eine selbstgewählte Aktivität ist, kann ausgehend von den Untersuchungen nur geschlossen werden, dass Fahrradfahrer im Schnitt länger leben. Es ist nicht nachgewiesen, inwieweit dies auf das Fahrradfahren zurückzuführen ist, und inwieweit Menschen, die auch ohne Fahrradfahren länger leben würden, häufiger Fahrradfahren.
- Es gibt keine Untersuchungen zu Veränderungen der Sterberate bei Kindern und Jugendlichen unter 20 Jahre. Eine Übertragung der Befunde der Älteren liefert im Ergebnis vernachlässigbare Einflüsse des Fahrradfahrens. Es ist zu vermuten, dass sich mögliche Einflüsse eher in gesundheitlichen Einflüssen widerspiegeln.
- Die Berechnung des Einflusses des Fahrradfahrens auf die Reduzierung der Sterblichkeit bei Älteren über 65 Jahre ergeben sehr hohe Werte, die weit über denen der 20-65-Jährigen liegen. Ursache sind die mehr als linear steigenden Sterberaten, die beispielsweise bei den 80-99-Jährigen 36 mal höher sind als bei den 20-65-Jährigen und sich bei gleicher Fahrradfahrleistung dementsprechend eine 36-fache Gesundheitswirkung ergibt. Es kann vermutet werden, dass Korrekturen des Ansatzes für hohe Alter notwendig wären. Dies ist aus der Literatur allerdings nicht ableitbar.

## 4.5 Quantifizierung der positiven Wirkung eines Rückgangs des Radverkehrs

Wie in Abbildung 1 dargestellt, hat ein Rückgang der Fahrradnutzung nicht nur negative (wegen der Reduzierung der Gesundheit), sondern auch positive Auswirkungen, wenn auf Mobilitätsträger ausgewichen wird, die ein geringeres Unfallrisiko bergen. Besonders positiv wirkt in erster Linie ein Übergang auf öffentliche Verkehrsmittel, aber auch ein Übergang auf das Auto wirkt positiv.

Der Nutzen ergibt sich dadurch, dass die anderen Verkehrsträger (bis auf Fußgänger) sicherer sind als Fahrradfahren. Um dies ausrechnen zu können, benötigt man die Risikokennziffern der einzelnen Verkehrsträger. Der Nutzen des Rückgangs des Radverkehrs errechnet sich aus den vermiedenen Unfallkosten, verursacht durch weniger Radverkehr, reduziert um zusätzliche Unfallkosten dadurch, dass die Wege mit anderen Verkehrsmittel zurückgelegt werden. Die Daten für den Rückgang bzw. den daraus resultierenden Modalsplit ergeben sich aus der Auswertung der Telefonbefragung in diesem Projekt. Die Personen wurden dort gefragt, welche Wege sie nach einer Einführung einer Helmpflicht nicht mehr mit dem Fahrrad zurücklegen würden und durch welches Verkehrsmittel sie diese Wege ersetzen würden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 40 (S. 127) dargestellt.

Da nach Wegen gefragt wurde, muss zunächst davon ausgegangen werden, dass Wege ersetzt werden. Indes ist nicht auszuschließen, dass durch den Übergang auf andere Verkehrsmittel nicht die Wegelängen konstant bleiben, sondern das Zeitbudget. Die zuerst von (Zahavi, 1974) formulierte Theorie postuliert, dass die mittlere für Mobilität aufgewendete Zeit über einen längeren Zeitraum konstant bleibt, sich mit zunehmender Motorisierung und dem Ausbau von Straßen und Verkehrsinfrastrukturen aber die zurückgelegten Strecken erhöhen. Schafer und Victor (2000) zeigen, dass ein Zeitbudget von ca. 60-90 Minuten für die tägliche Mobilität eine über viele Kulturen konstante Größe darstellt.

Allerdings zeigt die Analyse des Zeitbudgets der vergangenen Jahre in den Industrieländern, dass dieses zwar relativ konstant ist, aber im Laufe der Jahre langsam angestiegen ist. Van Wee et al. (2002) weisen für die Niederlande einen Anstieg des täglichen Mobilitätszeitbudgets von 1975 bis 2000 um 27 % nach. Die Theorie des konstanten Zeitbudgets wurde inzwischen von der Theorie des „relativ stabilen Zeitbudgets“ (Wübben, Dotzler, Seger, & Lenz, 2005) abgelöst.

Die Theorie des relativ stabilen Zeitbudgets ist durch zahlreiche Befunde belegt und kann heute als gesichert angesehen werden. Allerdings beruhen die den beobachtbaren Tatsache zugrundeliegenden Ursachen auf Prozessen der Verhaltensadaptation, die eher langfristiger Natur sind (Zeitkonstante von mehreren Jahren). Der Wohnort kann bei schnellerer möglicher Mobilität weiter weg vom Arbeitsplatz oder der Ausbildungsstätte gewählt werden; es eröffnen sich mit schnellerer Fortbewegung erweiterte Möglichkeiten des Einkaufens in Supermärkten am Stadtrand, was zur Verdrängung kleiner Märkte im nahen Umfeld führt.

Es ist anzunehmen, dass nur bei einem kleineren Teil der Wege nach Umstellung auf andere Verkehrsmittel kurzfristig (innerhalb von Monaten oder eines Jahres) die Wegelängen angepasst werden. Viele Orte, die Start oder Ziel eines Weges sind meist über einen längeren Zeitraum fixiert (Wohnung, Arbeitsplatz, Wohnort von Freunden/Bekannten). Nur ein Teil der Freiheit- und Besorgungswege lässt eine kurzfristige Variation zu. Gewohnheiten reduzieren hier die Tendenz zu einer kurzfristigen Verhaltensanpassung zusätzlich.

Die Autoren sind daher der Meinung, dass nach Einführung einer Fahrradhelmpflicht, die deswegen nicht mehr mit dem Fahrrad zurückgelegt und durch andere Verkehrsmittel ersetzt, im Wesentlichen Wege konstant bleiben und nicht die Wegezeiten. Für die quantitative Berechnung der positiven Gesundheitswirkung durch Rückgang des Radverkehrs gehen wir zunächst von einem konstanten Wegelängenbudget aus, werden zum Vergleich aber auch eine Berechnung mit angenommenem konstantem Zeitbudget durchführen. Es wird sich zeigen, dass sich für die Berechnungen kaum Unterschiede zwischen beiden Annahmen ergeben.

Den Rückgang der Verletzten und Toten berechnen wir als prozentualen Anteil der in Tabelle 17 (S. 41) berechneten Verletztenzahlen inkl. der Dunkelziffer. Um dies durchführen zu können, benötigen wir den relativen Rückgang in Bezug auf das Verkehrsmittel, auf das gewechselt wird. Wir nehmen für die folgenden Berechnungen an, dass der Rückgang der Verletzten- und Totenzahlen bei den Radfahrern proportional zum Rückgang der Fahrleistung ist. Der Zuwachs an Verletzten und Toten errechnet sich dann in Proportion der Unfall-Wahrscheinlichkeitsverhältnisse.

Mit der Berechnungsvorschrift in Anhang 7 (S. 356) ergeben sich folgende Werte.

*Tabelle 54: Jährliche vermiedene Verletzte und Tote durch Übergang auf ein anderes Verkehrsmittel bei zwei angenommenen derzeitigen Helmtragequoten ( $q_{km}^H = 17\%$  bzw.  $q_{km}^H = 49\%$ ) und Annahme eines konstanten Wegebudgets.*

| Variable      | $q_{km}^H = 17\%$ | $q_{km}^H = 49\%$ | Beschreibung                                                            |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta_{LV}$ | 13315             | 13370             | Jährlicher Rückgang der Leichtverletzten wegen Rückgang des Radverkehrs |
| $\Delta_{SV}$ | 1675              | 1692              | Jährlicher Rückgang der Schwerverletzten wegen Rückgang des Radverkehrs |
| $\Delta_T$    | 18                | 18                | Jährlicher Rückgang der Toten wegen Rückgang des Radverkehrs            |

Die Unterschiede zwischen den Berechnungen mit Variation der derzeitigen Helmtragequoten sind gering und können angesichts der übrigen Unsicherheiten in den Berechnungen vernachlässigt werden.

#### 4.5.1 Altersdifferenzierte Betrachtung

Übernimmt man die Altersverteilung der Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten aus dem Jahr 2014 vom Statistischen Bundesamt (Statistisches Bundesamt, 2015c) und projiziert diese auf das eben beschriebene Verfahren zur Berechnung jährliche vermiedener Verletzter und Toter durch Übergang auf ein anderes Verkehrsmittel ergeben sich die in Tabelle 55 dargestellten Daten.

*Tabelle 55: Jährliche vermiedene Verletzte und Tote durch Übergang auf ein anderes Verkehrsmittel bei Helmtragequoten  $q_{km}^H = 49\%$  und Annahme eines konstanten Wegebudgets, differenziert nach Alter.*

| Altersklasse | LV   | SV  | T   |
|--------------|------|-----|-----|
| 0-9 Jahre    | 409  | 40  | 0,2 |
| 10-19 Jahre  | 2554 | 213 | 1,1 |
| 20-64 Jahre  | 8324 | 993 | 6,5 |
| 65-79 Jahre  | 1694 | 329 | 6,6 |
| 80-99 Jahre  | 334  | 101 | 3,8 |

#### 4.5.2 Quantifizierung der positiven Wirkung eines Rückgangs des Radverkehrs mit Annahme eines konstanten Zeitbudgets

Bei Annahme eines konstanten Zeitbudgets muss die Berechnungsvorschrift in Anhang 7 (S. 356) um Korrekturfaktoren erweitert werden, die die dort verwendeten Kenngrößen auf Zeitleistung umrechnen. Mit den erweiterten Parametern von Tabelle 90 (S. 366) und der veränderten Berechnungsvorschrift (Anhang 7, S. 356) ergeben sich dann die in Tabelle 56 dargestellten Werte:

*Tabelle 56: Jährliche vermiedene Verletzte und Tote durch Übergang auf ein anderes Verkehrsmittel bei zwei angenommenen derzeitigen Helmtragequoten ( $q_{km}^H = 17\%$  bzw.  $q_{km}^H = 49\%$  und Annahme eines konstanten Zeitbudgets.*

| Variable      | $q_{km}^H = 17\%$ | $q_{km}^H = 49\%$ | Beschreibung                                                            |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta_{LV}$ | 12129             | 12180             | Jährlicher Rückgang der Leichtverletzten wegen Rückgang des Radverkehrs |
| $\Delta_{SV}$ | 1615              | 1632              | Jährlicher Rückgang der Schwerverletzten wegen Rückgang des Radverkehrs |
| $\Delta_T$    | 21                | 21                | Jährlicher Rückgang der Toten wegen Rückgang des Radverkehrs            |

Man erkennt im Vergleich zu Tabelle 54, dass sich aus der Berechnung mit Annahme eines konstanten Zeitbudgets zu der Annahme eines konstanten Wegelängenbudgets kaum Unterschiede ergeben.

## 4.6 Safety in Numbers

Es besteht die Annahme, dass ein Rückgang der Radnutzung das Pro-Kopf-Unfallrisiko für die verbleibenden Radfahrer erhöht, da dann die übrigen Verkehrsteilnehmer seltener mit Radfahrern konfrontiert sind und die Interaktion mit Radfahrenden weniger eingeübt ist. Dieser Zusammenhang zwischen der Anzahl der Radfahrer und dem Sicherheitsniveau wird „Safety in Numbers“-Effekt (SiN-Effekt) genannt. Wenn Maßnahmen zur Erhöhung der Helmtragequote zu einem Rückgang der Fahrradnutzung führen, würde der „Safety in Numbers“-Effekt als Kostenfaktor bei den Kosten-Nutzen-Berechnungen auftauchen. Im Rahmen dieser Studie soll ermittelt werden, ob dieser Effekt quantifiziert werden kann.

Als Indiz für den Safety-in-Numbers-Effekt werden häufig Querschnittsvergleiche verwendet, in welchen Radnutzungs- und Unfallquoten verschiedener Städte oder Länder miteinander verglichen werden<sup>68</sup>. In Abbildung 104 ist die Getötetenrate über die zurückgelegten Fahrradkilometer je Einwohner in Europa dargestellt. Je weniger gefahren wird, desto höher sind die Raten.

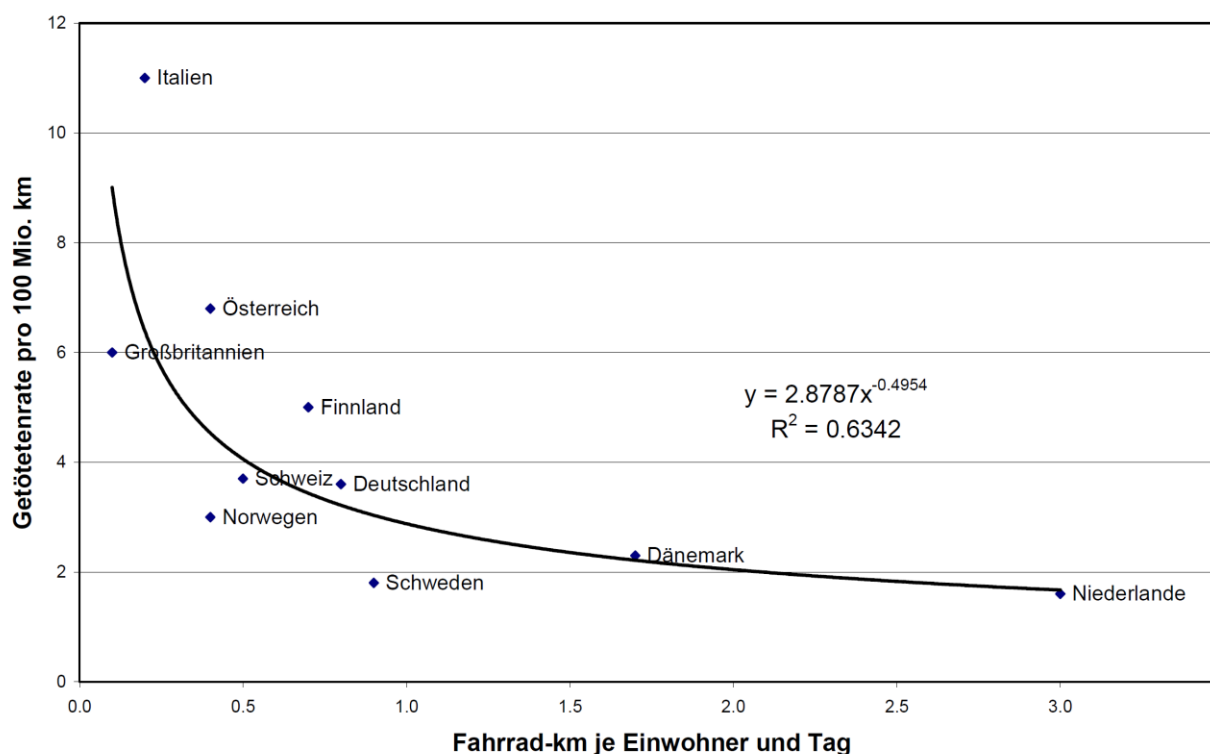


Abbildung 104: Gegenüberstellung der Getötetenraten und der zurückgelegten Fahrradkilometer je Einwohner in Europa (aus Pfaffenbichler et al. , 2011)

Durch derartige Vergleiche kann eine Kausalität allerdings nicht belegt werden. Wird ein Zusammenhang aufgedeckt, das heißt ist das Sicherheitsniveau in A höher als in B, in welcher weniger Personen Rad fahren, kommen zahlreiche Faktoren als Ursache infrage. So könnten zum Beispiel bessere infrastrukturelle Gegebenheiten, ein hohes Ausmaß an vorhandenen Aufklärungs-/Bildungsprogrammen für sicheres Radfahren, häufige Geschwindigkeitsbegrenzungen (z. B. viele 30er-Zonen) oder ein mit den Jahren verändertes Sicherheitsbewusstsein das höhere Sicherheitsniveau in A erklären.

<sup>68</sup> (z. B. Jacobsen, 2003; Tin Tin, Woodward, Thornley, & Ameratunga, 2011)



Auch Bhatia und Wier (2011), die Befunde zum SiN-Effekt bei Fußgängern analysierten, stehen Querschnittstudien kritisch gegenüber. Sie sehen bei diesen eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass der Zusammenhang von Anzahl an Individuen und Sicherheitsniveau nicht durch erstere, sondern durch das Sicherheitsniveau bestimmt wird: Fußgänger laufen eher, wo es weniger gefährlich ist. Auch dann, wenn in Studien zum Teil konfundierende Faktoren wie Verkehrsaufkommen kontrolliert wurden, wurden nicht alle potentiell beeinflussenden Faktoren beachtet. Selbiges kann auch für Querschnittstudien zur Untersuchung des SiN-Effektes bei Radfahrern angenommen werden.

Zur Ermittlung eines möglichen „Safety in Numbers“-Effekt als Kostenfaktor sollten deshalb möglichst Längsschnittvergleiche herangezogen werden. Abbildung 105 zeigt den Verlauf der Verunglücktenrate über dem Modal-Split-Anteil in Wien für die Jahre 2002-2009.

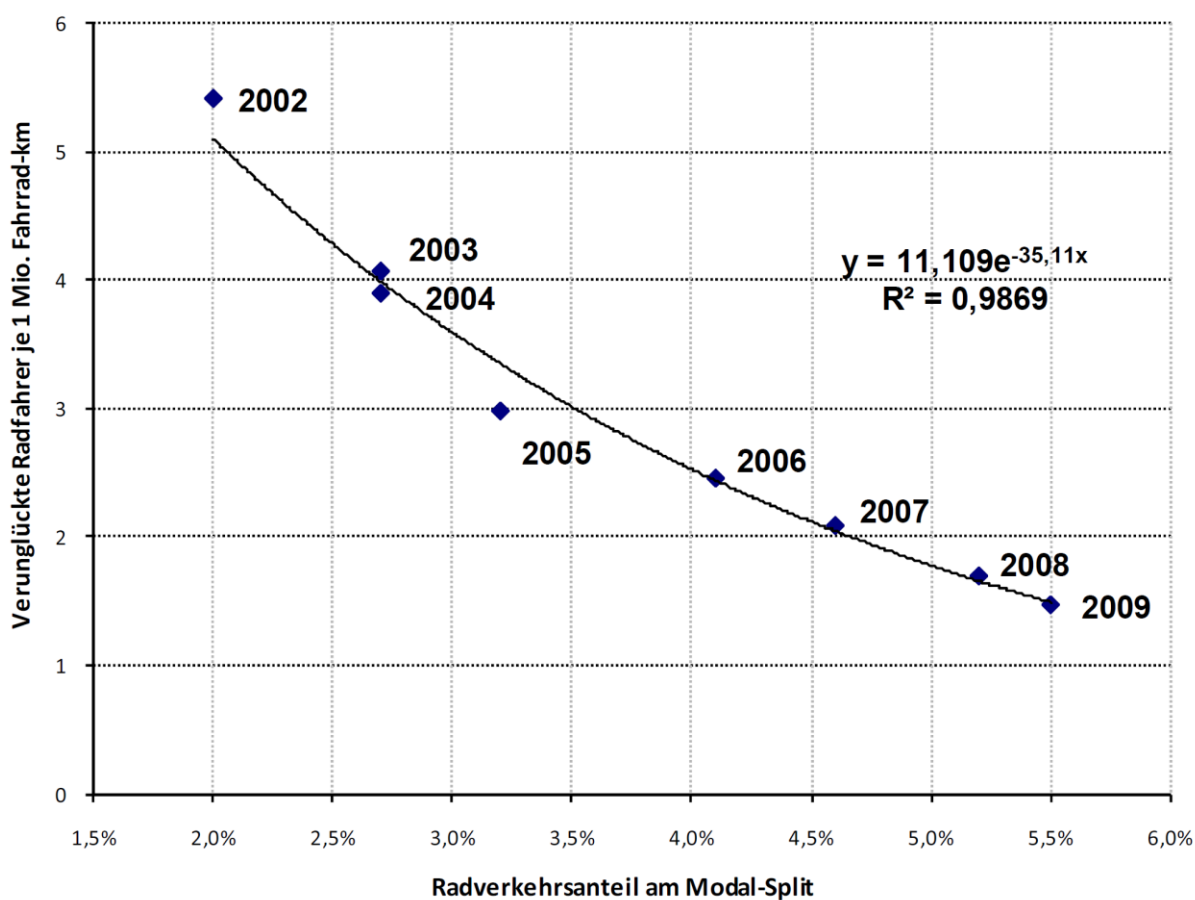


Abbildung 105: Gegenüberstellung der Verunglücktenrate und Radverkehrsanteile in Wien, 2002 – 2009 (aus Pfaffenbichler et al. , 2011)

Die Daten deuten auf einen eindeutigen SiN-Effekt hin. Pfaffenbichler et al. (2011) kommen deshalb nach der Analyse der Befunde zu dem Schluss, dass steigende Radnutzung zu einer Senkung des Unfallrisikos für Radfahrer und damit die Förderung des Radfahrens im Alltag also zumindest längerfristig zu einer Reduktion des Unfallrisikos führt. Allerdings ist auch bei solchen Längsschnittstudien, die Radnutzung und Sicherheitsniveau derselben Stadt (oder desselben Staates) über mehrere Jahre hinweg analysieren, der Beleg für einen SiN-Effekt nur schwer zu erbringen, da eine Steigerung der Radnutzung meist langsam vonstattengeht und sich viele begleitende Faktoren in dieser Zeit ebenso verändern können. Für das obige Beispiel der Stadt Wien heißt dies, dass man nicht weiß, wie sich ein plötzlicher Rückgang des Modal-Split-Anteils auf die Verunglücktenrate auswirkt. Wenn bei-

spielsweise die Veränderung der relativen Höhe der Sicherheit auf Änderungen im kollektiven Bewusstsein von Fahrradfahrern und anderen Verkehrsteilnehmern und auf eine verbesserte Infrastruktur (z. B. mehr Radwege) zurückzuführen ist, wird sich ein plötzlicher Rückgang der Fahrradfahrer kaum auf die Kennzahlen auswirken.

Interessant sind daher vor allem Befunde mit rückläufigen oder schwankenden Radnutzungsquoten, da die genannten Faktoren hier nur wenig Einfluss nehmen dürften. Beides ist in Neuseeland vorzufinden (vgl. Kap. 4.3.1, S. 147). Abbildung 106 fasst die Radfahrleistung in Neuseeland mit erkanntem Rückgang der Fahrleistung kurz zusammen. Alle verfügbaren Maße zeigen einen Rückgang an. Allerdings gibt es hier einen anderen konfundierenden Faktor – die Einführung der Helmpflicht.

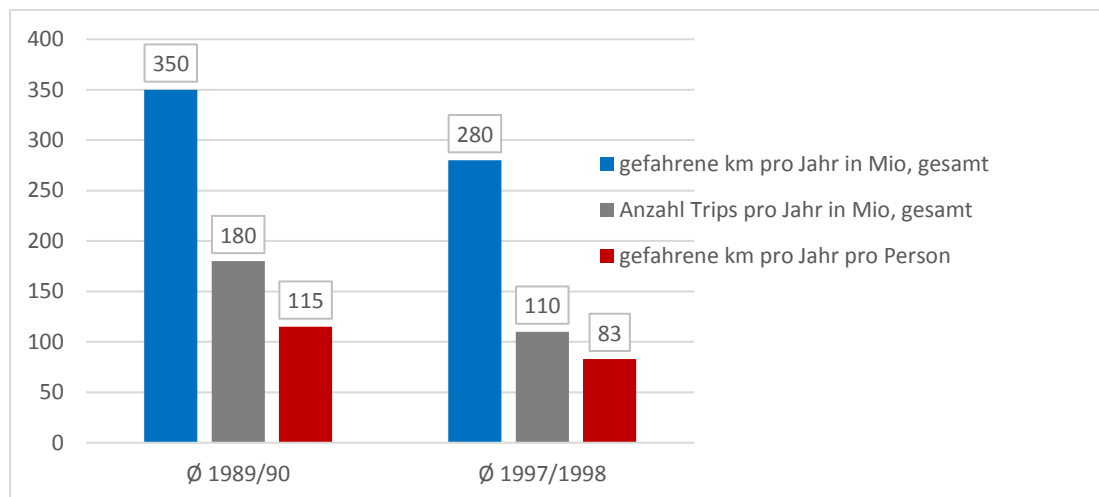


Abbildung 106: Veränderung der Radfahrleistung in Neuseeland.

In einem ähnlichen Zeitraum sind auch die Anzahl der Unfälle, die zu einer stationären Behandlung im Krankenhaus oder zum Tod führten, pro einer Million gefahrene Stunden gesunken. Von 1988-1991 bis 1996-1999 gingen sie um etwa 17 % zurück (vgl. Tin Tin et al., 2010). Betrachtet man separat getötete und verletzte Radfahrer, zeigt sich, dass die Anzahl der getöteten Radfahrer pro 100 Personenkilometern (Pkm) von 1989/1990 bis zur Periode 2003-07 kontinuierlich zurückgegangen ist (rote Linie in Abbildung 107). Diese beiden Ergebnisse sprechen zunächst gegen einen SiN-Effekt. Würde dieser vorliegen, müsste die Anzahl der getöteten Radfahrer pro 100 Pkm zunehmen. Gegebenenfalls spiegeln diese Zahlen auch einen einmaligen Einfluss wider, der durch die Einführung einer Helmpflicht erreicht wurde.

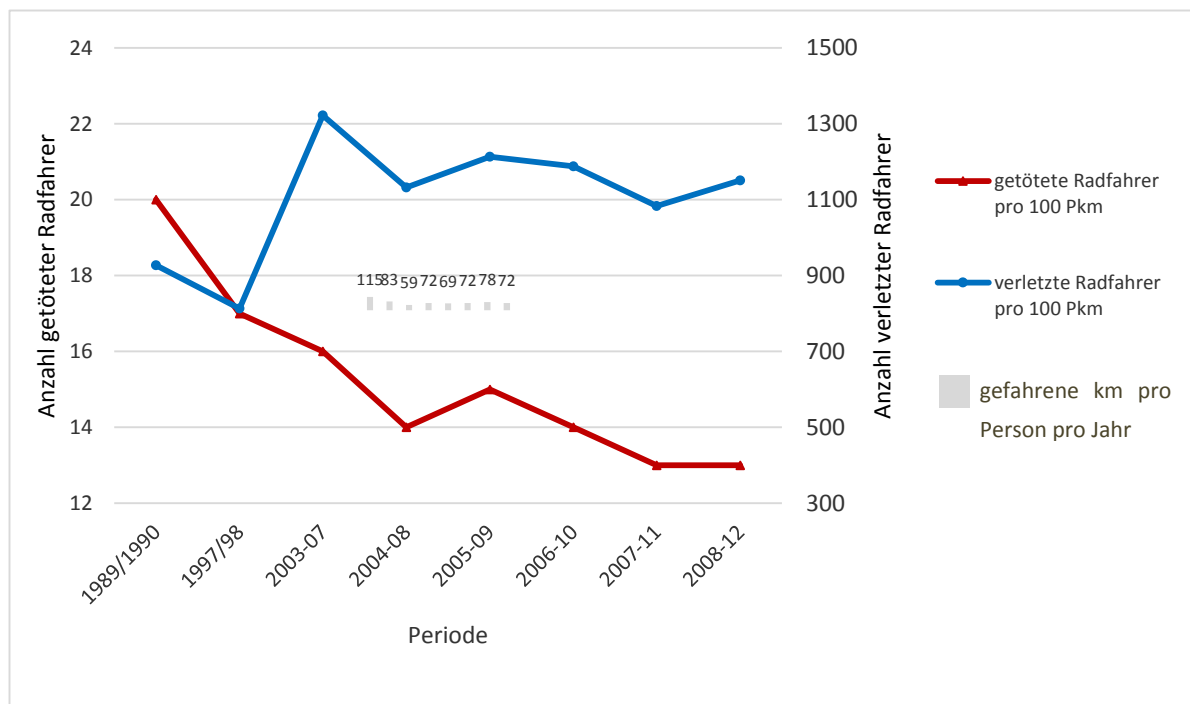


Abbildung 107: Entwicklung des Sicherheitsniveaus (rote und blaue Linie) sowie der Radnutzung (graue Balken) von Radfahrern in Neuseeland (Ministry of Transport New Zealand, 2015a; 2015b). Dargestellt ist das Mittel der angegebenen Perioden. Einführung der Helmpflicht im Jahr 1994.

Betrachtet man Radnutzungsquoten und Unfallzahlen aus Großbritannien, zeigt sich ein Anstieg des Unfallrisikos pro gefahrener Meile pro Person bei sinkender Radnutzung und umgekehrt (siehe Abbildung 108). Die Daten sprechen daher für einen SiN-Effekt.

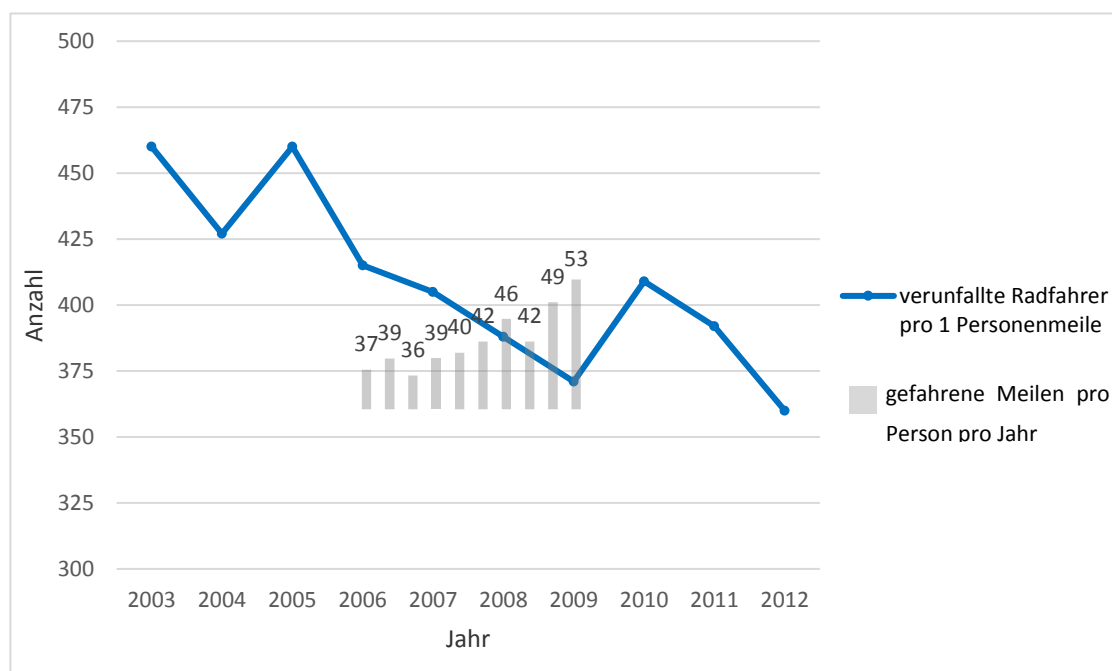


Abbildung 108: Entwicklung des Sicherheitsniveaus sowie der Radnutzung von Radfahrern in Großbritannien (GOV.UK, 2014a; 2014b).

Nach Daten aus den Niederlanden sinkt das Tötungsrisiko bei leicht steigender Radfahrnutzung, das Risiko schwerer Verletzungen steigt hingegen (siehe Abbildung 109). Die Daten sind also uneinheitlich. Allerdings haben die Niederlande generell ein sehr hohes Niveau der Radnutzung mit vergleichsweise geringen Veränderungen zwischen 1996 und 2013. Aussagen sind also kaum abzuleiten.

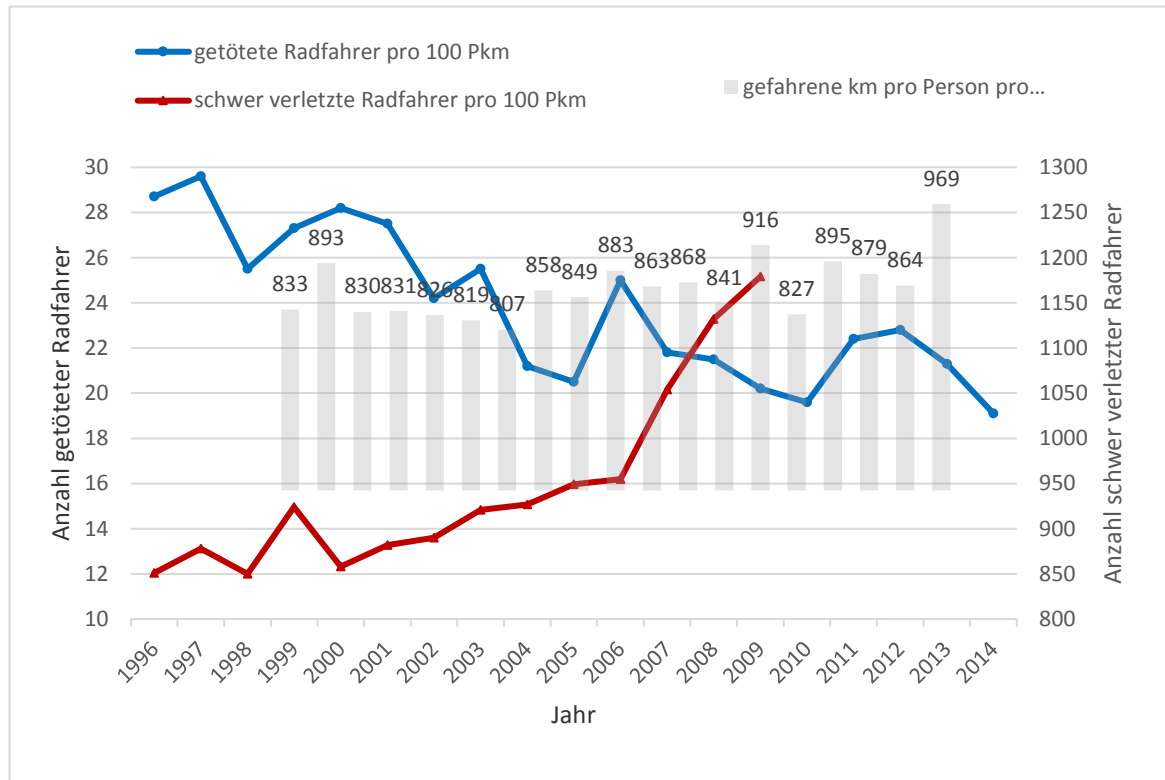


Abbildung 109: Entwicklung des Sicherheitsniveaus (rote und blaue Linie) sowie der Radnutzung (graue Balken) von Radfahrern in den Niederlanden (SWOV, o. J.).

Radfahr- und Unfallzahlen aus Dänemark bestärken wieder die Existenz eines SiN-Effektes. Abbildung 110 zeigt die Anzahl getöteter Radfahrer pro 100 Pkm und gefahrene km pro Person pro Jahr von 1992 bis 2013, mit einer Datenlücke zwischen 2003 und 2007. Obwohl die Anzahl getöteter Radfahrer pro 100 Pkm in den letzten 20 Jahren gesunken ist, ist zu erkennen, dass diese in nahezu allen Jahren gegenläufig zur Radnutzung verhält; gut zu erkennen ist dies vor allem von 1995 bis 1997, 2001 bis 2002 und 2008 bis 2010. Allerdings kann dies auch auf andere Sicherheitsmaßnahmen (höhere Helmnutzung, verbesserte Fahrradschutz an Fahrzeugen, mehr Fahrradwege) zurückzuführen sein.

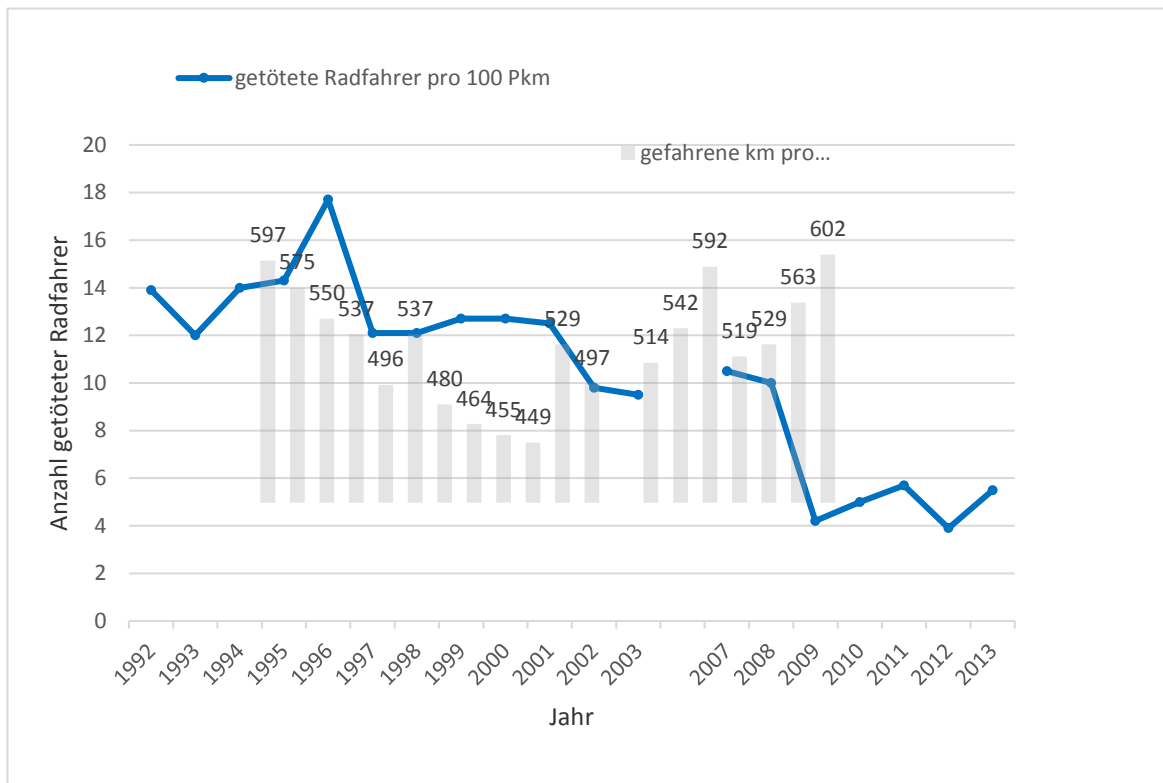


Abbildung 110: Entwicklung des Sicherheitsniveaus (blaue Linie) sowie der Radnutzung (graue Balken) von Radfahrern in Dänemark (DTU Transport, 2015; European Union, 2015).

Fyhri und Bjørnskau (2013) führten zur Untersuchung des SiN-Effektes und seiner Ursachen innerhalb eines Jahres eine Längsschnittstudie durch. In Oslo schwankt die Nutzung des Fahrrads im Laufe eines Jahres: Im April werden nur 5 % aller Wege mit dem Fahrrad unternommen, im Juni steigt dies auf 6 % und im September auf 8 %. In diesen drei Monaten wurden jeweils zwei Wochen lang Radfahrer angehalten und zu erlebten Konfliktsituationen befragt. Sie sollten angeben, ob sie auf ihrer aktuellen Fahrt eine der folgenden vier Situationen erlebt haben:

- Ein Autofahrer hat sie ganz offensichtlich nicht gesehen
- Ein Auto stand so auf der Fahrbahn, dass sie nicht passieren konnten
- Ein Auto hat ihnen an einer Kreuzung keine Vorfahrt gewährt
- Ein Auto hat ihnen in einem Kreisverkehr keine Vorfahrt gewährt

Die Häufigkeit des Auftretens der ersten beiden Situationen sank von April bis Juni signifikant ( $p < 0,001$ ). Eine multiple Regressionsanalyse wies neben der Streckenlänge auch den Monat als signifikanten Prädiktor dafür aus, ob ein Radfahrer von einem Autofahrer nicht gesehen wurde ( $p < 0,01$ ). Laut Fyhri und Bjørnskau (2013) unterstützen die Ergebnisse damit den SiN-Effekt. Auf Grundlage dieser schlussfolgern sie, dass ein zugrundeliegender Mechanismus die Veränderung im Verhalten von Autofahrern sein könnte: Diese werden aufmerksamer, wenn mehr Radfahrer unterwegs sind. Diese Erklärung wurde schon 2003 von Jacobsen vorgeschlagen, der allerdings Querschnittsdaten analysierte.

Zur Studie von Fyhri und Bjørnskau (2013) sei einschränkend angemerkt, dass lediglich der Rückgang der erwähnten Situationen von April bis Juni signifikant war, nicht jedoch von Juni bis September, wo der Modal-Split der Radnutzung einen noch größeren Anstieg erfährt als von April bis Juni. Weiterhin

sollte bedacht werden, dass nicht das Sicherheitsniveau direkt, also die Anzahl der Unfälle, erfasst wurde, sondern lediglich potentielle Unfallsituationen, die noch dazu aus subjektiver Wahrnehmung reflektiert wurden.

Weitere Analysen, die den SiN-Effekt untersuchen, sind Modellierungen. So entwickelten etwa Schepers und Heinen (2013) ein Unfallvorhersagemodell und überprüften die Veränderung der Unfallrate, wenn sie Autofahrten bis 7,5 km durch Radfahrten ersetzen. Ihre Ergebnisse deuten nicht auf einen SiN-Effekt hin. Thompson, Savino und Stevenson (2014) hingegen finden mithilfe einer agentenbasierten Modellierung Hinweise auf einen SiN-Effekt. Die Verdopplung der Radfahrer in einer simulierten Umwelt führte zu einer Verringerung des Pro-Kopf-Risikos um 37 %. Die Schwierigkeit bei Modellierungen ist, dass Faktoren wie eine veränderte Erwartungshaltung der Autofahrer und mehr Bewusstsein für anwesende Radfahrer nicht oder nur unzulänglich in das Modell integriert werden können.

Auf der International Cycling Safety Conference 2014 präsentierte Elvik (2014) eine Metaanalyse der bis dahin existierenden Studien zum SiN-Effekt. Danach ist Radfahren dort besonders sicher wo vielen Radfahrende unterwegs sind. Die Größe des Effekts kann nicht sicher belegt werden.

#### 4.6.1 Zusammenfassung

Die verfügbaren Studien und Daten deuten geben kein einheitliches Bild bezüglich eines SiN-Effektes für Radfahrer. Den größten Beleg liefern die Analysen der Radfahr- und Unfallzahlen von Neuseeland (Abbildung 107), Großbritannien (Abbildung 108) und Dänemark (Abbildung 110). Die Daten aus den Niederlanden hingegen sprechen nicht unbedingt für einen SiN-Effekt. Obwohl Längsschnittstudien wesentlich besser als Querschnittstudien zu Untersuchung des SiN-Konzeptes geeignet sind, kann auch mit diesen die Kausalität nicht eindeutig belegt werden. Eindeutige Belege für oder gegen einen SiN-Effekt könnten nur Experimentalstudien oder prospektive Studien liefern.

Zusammenfassend folgern wir, dass die Befunde zu einem SiN-Effekt uneinheitlich sind, dass es Hinweise für einen SiN-Effekt gibt, dass die Befunde aber keine quantitativen Rückschlüsse zulassen. Die Verkehrssicherheit von Radfahrenden sowie die Intensität der Fahrradnutzung hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab. Ein Herausfiltern der Wirkungsbeziehung Fahrradnutzung und Verkehrssicherheit ist damit methodisch sauber nicht möglich.

Für eine Bewertung der Einführung einer Helmpflicht wird der SiN-Effekt deshalb nicht in das Gesamtkalkül einbezogen.

## 4.7 Kosten-Nutzen-Analysen - eigener Ansatz

Zur Beantwortung einer der Hauptfragen in dieser Studie, wie sich der Nutzen der Einführung einer Helmpflicht im Verhältnis zu den Kosten darstellt, ist – neben einer qualitativen, ethischen und politischen Abwägung – eine quantitative Kosten-Nutzen-Analyse notwendig. In diesem Kapitel wird auf die Literatur eingegangen, die sich mit Kosten-Nutzen-Rechnungen einer Fahrradhelmpflicht beschäftigt, und Berechnungsmethoden sowie Ergebnisse vorgestellt.

Kosten-Nutzen-Rechnungen im Verkehrsbereich werden insbesondere zur Abwägung großer Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen durchgeführt. Grundlage sind die „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Straßen“ aus dem Jahre 1997 (kurz EWS-97) an (FGSV, 1997). In § 6 des Gesetzes über die Grundsätze des Haushaltsrechts des Bundes und der Länder (HGrG) und §7 der Bundeshaushaltsordnung (BHO) wird von Vorhaben mit erheblicher finanzieller Bedeutung eine Kosten-Nutzen-Untersuchung (KNU) verlangt (BMVBS, 2006). Kosten-Nutzen-Analysen im Bereich Fahrradverkehrs sind wesentlich seltener. In Walter et al. (2008) wird der Versuch unternommen, Infrastrukturmaßnahmen im Bereich Radverkehr bezüglich der Abwägung von Nutzen und Kosten zu bewerten. Das dort entwickelte Verfahren lehnt sich sehr stark an die EWS-97 an. In der Bewertung kommen auch Kosten für Getötete und Schwerverletzte vor, die aus der standardisierten Bewertung 2006 abgeleitet sind. Das Verfahren hat das Ziel, eine Vergleichbarkeit von Bewertungen durch die Umrechnung in monetäre Werte herzustellen. In jüngster Zeit erhielt das Thema Kosten-Nutzen-Untersuchungen im Radverkehr durch die vermehrte Planung von kostenintensiven Radschnellverbindungen eine größere Relevanz.

### 4.7.1 Vorgehen bei der Berechnung der Kosten und des Nutzens

In die Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses einer gesetzlichen Einführung einer Helmpflicht gehen fünf Hauptfaktoren ein, gruppiert in zwei Gruppen, die die Kosten-Nutzen-Berechnungen bestimmen <sup>69</sup> (Abbildung 1):

#### **Gruppe 1: Auswirkungen des Anstiegs der Helmtragequote**

$N_f$ : Durch Veränderung der Helmtragequote induzierter Nutzen durch verringerte Verletzten- und Totenzahlen.

$K_m$ : Kosten der Helme, die wegen der Einführung einer Helmpflicht gekauft werden müssten.

#### **Gruppe 2: Auswirkungen des Rückgangs des Fahrradverkehrs**

$K_h$ : Gesundheitskosten auf Grund eines Rückgangs des Radverkehrs bei Einführung einer obligatorischen Helmpflicht unter Berücksichtigung der positiven Gesundheitswirkung beim Übergang vom Fahrradfahren zu der Bewältigung der Strecke zu Fuß.

$N_n$ : Nutzen eines Rückgangs des Radverkehrs durch Übergang auf statistisch sichere Verkehrsmittel.

$K_e$ : Umweltkosten durch Übergang auf das Auto oder auf öffentliche Verkehrsmittel nach Aufgabe des Fahrradfahrens.

---

<sup>69</sup> Wir lehnen uns in der Nomenklatur an (Sieg, 2014) an.

Nutzen und Kosten in Bezug gesetzt, ergibt das Benefit-Cost-Ratio BCR

$$BCR = \frac{N_f + N_n}{K_m + K_e + K_h} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Kosten}} \quad (23)$$

Wenn BCR größer 1, ergibt sich ein monetärer Nutzen der Einführung einer Helmpflicht.

## 4.7.2 Teilwerte

Im Folgenden soll die Berechnung der für die Kosten-Nutzen-Analyse benötigten Werte der Teilfaktoren einer Kosten-Nutzen-Analyse der Einführung einer Helmpflicht erläutert werden, die bisher in den vorherigen Kapiteln noch nicht diskutiert wurden.

### 4.7.2.1 Wert des Lebens

Die entscheidende Größe zur Abwägung der Kosten und Nutzen der Einführung einer Fahrradhelmpflicht ist VSL (Value of Statistical Life), der Wert des Lebens. In der überwiegenden Mehrzahl aller Ansätze werden vermiedene Tote oder Verletzte der Helmnutzung oder Gesundheitskosten in Einheiten des VSL übersetzt und dann mit anderen monetär quantifizierbaren Größen verglichen. Dabei gibt es zwei grundsätzlich unterschiedliche Herangehensweisen, die im Ergebnis zu anderen Werten kommen: eine internationalen und einen nationalen Berechnung.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht jährlich die neuesten Berechnungen für die Kosten von Toten, Schwerverletzten und Leichtverletzten (BASt, 2015) in Deutschland. Die Berechnungen basieren auf Berechnungen von Baum et al. (2010), die für die Berechnung den sogenannten *Schadenskostenansatz* heranziehen. Für das Jahr 2013 (neueste Zahlen für 2016) wird der Wert des Lebens mit 1.182.126€ beziffert.

Die WHO setzt dagegen für Europa Werte für VSL an, die auf der Zahlungsbereitschaftsmethode beruhen und von der OECD für die EU-27-Staaten berechnet wurden (OECD, 2012). Mit einem durch das Bruttosozialprodukt definierten Korrekturfaktor ergibt sich dort ein Wert für das Leben in Deutschland von 4,23 Millionen €, der ca. 3,6-mal höher ist, als der von der BASt aktuell für Deutschland bezifferte.

*Tabelle 57: Werte des Lebens in Deutschland*

| Deutsche Berechnung | Internationale Berechnung |
|---------------------|---------------------------|
| <b>1.182.126€</b>   | <b>4.230.000€</b>         |

Viele Staaten um Deutschland herum, wie Schweiz<sup>70</sup>, Österreich, Belgien, Niederlande, Großbritannien, Finnland, etc. (Assing, Höhnscheid, Kranz, & Schönebeck, 2010) setzten diese höheren Werte in ihren Berechnungen ein. Deutschland ist im Zuge der europäischen Harmonisierung dabei, sich anzupassen. Es kann also gut sein, dass in 3-5 Jahren der Wert des Lebens in Deutschland sprunghaft steigt und sicherheitsfördernde Maßnahmen völlig neu bewertet werden müssen. Aus diesem Grund

<sup>70</sup> Für die Schweiz wird beispielsweise für VSL ein Wert von 8'933'432 Schweizer Franken angenommen



de soll im Folgenden kurz auf die beiden unterschiedlichen Berechnungsmethoden eingegangen werden.

#### *4.7.2.2 Humankapital- und Zahlungsbereitschaftsmethode*

Grundsätzlich lassen sich die Methoden zur Bewertung des Lebens in zwei Kategorien einteilen, der *Humankapitalansatz* und die *Zahlungsbereitschaftsmethode* (Schleiniger & Blöchliger, 2006). Mit dem ersten Ansatz werden direkte ökonomische Kosten wie die Kosten der medizinischen Behandlung, Kosten von rehabilitationsmaßnahmen, Verwaltungs-, Polizei- und Rechtsprechungskosten, Bestattungskosten, etc. (Bahamonde-Birke, Link, & Kunert, 2013) beziffert. Dazu gehören ferner indirekte ökonomische Kosten, die durch den Produktionsausfall entstehen. In Deutschland werden weiterhin auch Schmerzensgelder mit in die Berechnung einbezogen. Grundidee dieses Ansatzes ist es, nur alle direkt quantifizierbare Faktoren, die über Zahlungen überprüft werden können, in die Berechnung einzubeziehen. Die Idee, dass man so viel Wert ist, wie man zukünftig produziert, ist allerdings mit der mikroökonomischen Nutzentheorie nicht vereinbar (Schleiniger & Blöchliger, 2006). Die Problematik dieser Herangehensweise wird deutlich, wenn man sich den so ermittelten Wert von Rentnern oder Invaliden vor Augen führt.

Dem Humankapitalansatz steht die Zahlungsbereitschaftsmethode gegenüber, die sich aus der in den letzten 30 Jahren in der Volkswirtschaftslehre durchgesetzten subjektiven Werttheorie ableiten lässt. Der Wert des Lebens ergibt sich nach der Zahlungsbereitschaftsmethode demnach aus Befragungen, wie viel dem Einzelnen sein Leben wert ist, abgeleitet entweder aus Befragungen nach Werten für eine Risikoveränderung oder indirekt aus den Kosten, die das Individuum bereit ist, für Sicherheit auszugeben. Dadurch ist es möglich, auch immaterielle Verluste wie Leid, Schmerz, Verlust an Lebensqualität etc. in die Berechnungen mit einzubeziehen.

Es gibt unterschiedliche Methoden, die Werte von immateriellen Verlusten zu bestimmen, wie Stated-Choice-Ansätze, Standardlotteriemethode, Risiko-Risiko-Analyse, etc. (siehe Bahamonde-Birke et al., 2013). Allen Ansätzen ist gemein, dass durch die Berücksichtigung dieser immateriellen Verluste wesentlich höhere Werte für den Wert des Lebens resultieren. Wir werden in den weiteren Berechnungen sowohl mit den in Deutschland zurzeit noch gültigen Werten als auch mit den moderneren Ansätzen operieren.

#### *4.7.2.3 Wert von Verletzten*

Auch bei der Berechnung der Werte von Verletzten existieren eine deutsche und eine internationale Vorgehensweise. Nimmt man die von der Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlichten Zahlen (BASt, 2015) ergeben sich Werte für Leicht- und Schwerverletzte, die man in Relation zu den Werten für die Toten setzen kann. Nimmt man dann noch den Ansatz von Baum et al. (2010) als Grundlage der BASt-Berechnungen heran und wertet die Berechnungen von den Schwerstverletzten aus, ergeben sich daraus auf VSL normierte Werte. Bei der Berechnung der Kosten für die Schwerverletzten muss man zwischen einer Berechnung, in der zwischen Schwerst- und Schwerverletzten unterschieden wird, und einer Berechnung, bei der diese Differenzierung nicht vorgenommen wurde, unterscheiden. Diese Unterscheidung ist allerdings nur in der nationalen Berechnungsmethode möglich. Die nationale Berechnung unterscheidet sich von der internationalen Berechnung also nicht nur durch die unterschiedliche Höhe für VSL, den Wert des Lebens, sondern auch (wie in Tabelle 58 und

Tabelle 59, S. 194 dargestellt) durch die Bewertung von Leicht- und Schwerverletzten. Schwerverletzte werden in der internationalen Berechnung von Schwerverletzten nicht mehr unterschieden. Bei der internationalen Berechnung ergibt sich in unseren Berechnungen die Zahl der Schwerverletzten aus der Summe der nationalen Schwerverletzten und Schwerstverletzten.

Baum errechnet ein Verhältnis von 37,1 zwischen Schwerstverletzten und sonstigen Schwerverletzten sowie 2,58 zwischen Toten und Schwerstverletzten. Nach den neuesten Zahlen der BAST (BAST, 2015) ergibt sich ein Verhältnis von 237 zwischen den Kosten für einen Toten und einem Leichtverletzten und 9,7 zwischen den Kosten für einen Toten und einem Schwerverletzten. Je nachdem, ob man zwischen Schwer- und Schwerstverletztem unterscheidet, ergeben sich folgende Werte für den Wert von Verletzten in der Einheit VSL in der deutschen Berechnung.

*Tabelle 58: Werte der Verletzten (deutsche Berechnung, VSL1)*

| Verletzungstyp                                                  | Leichtverletzter | Schwerverletzter | Schwerstverletzter |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| Wert (in VSL) bei Differenzierung Schwer- und Schwerstverletzte | <b>0,0042</b>    | <b>0,01</b>      | <b>0,386</b>       |
| Wert (in VSL) ohne Differenzierung                              | <b>0,0042</b>    | <b>0,103</b>     |                    |

In der internationalen Berechnung (z.B. HEATCO, 2005) gibt es eine einzige Veröffentlichung der European Conference of Ministers of Transport EMCT (1998), auf die immer wieder referenziert wird. Dort werden die Werte wie folgt quantifiziert:

*Tabelle 59: Werte der Verletzten (internationale Berechnung, VSL2)*

| Verletzungstyp | Leichtverletzter | Schwerverletzter |
|----------------|------------------|------------------|
| Wert (in VSL)  | <b>0,01</b>      | <b>0,13</b>      |

#### *4.7.2.4 Anschaffungswert Helm*

Die Sicherheit TÜV-geprüfter Fahrradhelme ist unabhängig vom Preis. Höhere Preise adressieren nur den Komfort oder ästhetischen Erwägungen. Daher wird bei den folgenden Berechnungen der niedrigste Preis für einen geprüften Fahrradhelm in Höhe von ca. 27€ angesetzt (siehe auch Kapitel 5.3.5, S. 251).

#### *4.7.2.5 Kosten für den Diskomfort des Helmes*

Von Gegnern des Fahrradhelms werden die Unannehmlichkeiten, die eine Helmbenutzung mit sich bringt (zu warm im Sommer, umständlich zu verstauen, etc.) als Kostenfaktor angesehen. Er ist ge-

mäß dem oben bei der Erläuterung der Zahlungsbereitschaftsmethode gesagten ein immaterielles Gut und könnte demnach durchaus in eine Kosten-Nutzenanalyse einbezogen werden. Allerdings gibt es dazu keinerlei Erhebungen. Eine seriöse Abschätzung ist damit aktuell nicht möglich.

Zudem ist davon auszugehen, dass der Diskomfort sich bereits zumindest in starkem Maße bereits in dem geäußerten Verkehrsmittelwahlverhalten in Folge einer Helmpflicht widerspiegelt. Ein Teil der Verkehrsteilnehmer empfindet den Diskomfort nicht relevant und ändert die Fahrradnutzung nicht. Der Teil der Verkehrsteilnehmer der den Diskomfort besonders stark gewichtet wird dies zumindest teilweise auch in einer reduzierten Fahrradnutzung ausdrücken.

In die Berechnungen werden die Kosten für den Diskomfort des Helmes deshalb nicht einbezogen.

#### 4.7.2.6 Umweltkosten durch mehr Autonutzung oder Nutzung des ÖV

Der Übergang auf eine private Autonutzung und auf den öffentlichen Verkehr erzeugt zusätzliche Umweltkosten durch Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen sowie durch Lärm und negative Effekte auf Natur und Landschaft. Nach (Umweltbundesamt, 2014) müssen pro Kilometer Autofahren Kosten von  $c_c = 3,1 \text{ cent/km}$  (Benzin) bis  $c_c = 4,0 \text{ Cent/km}$  (Diesel) angesetzt werden. Wir gehen bei den Berechnungen von einem von  $c_c = 3,5 \text{ Cent/km}$  aus.

Bei der Berechnung der Umweltkosten wird davon ausgegangen, dass diese sich proportional zum Energieverbrauch darstellen. Das Umweltbundesamt gibt für das Verhältnis der Energieverbräuche pro Personenkilometer von Pkw zu Bus von 5,3 und Pkw zu Straßenbahn zu 7 an (Umweltbundesamt, 2016). Wir rechnen mit einem mittleren, auf den relativen Anteil an Transportkilometer bezogenen Wert von 5,5. Daraus ergeben sich Umweltkosten für den ÖV zu  $c_b = 0,64 \text{ Cent/km}$ .

### 4.7.3 Auswirkungen des Anstiegs der Helmtragequote

#### 4.7.3.1 Nutzen $N_f$ : Durch Veränderung der Helmtragequote induzierter Nutzen durch verringerte Verletzten- und Totenzahlen

In Kapitel 2.2, S.24 ff wurden die Methoden zur Berechnung des Nutzens, den eine Veränderung der Helmtragequote bewirkt, vorgestellt. Der Nutzen hängt entscheidend davon ab, wie hoch man die derzeitige mittlere Helmtragequote annimmt. Die von der BAST veröffentlichten Werte (Wandtner, 2015) unterscheiden sich erheblich von denen, die aus der eigenen Telefonbefragung ermittelt wurden. Im Folgenden ist die Berechnung für beide Werte (17 % und 48,7 %) durchgeführt. Ebenfalls variiert wurde die monetäre Bewertung von Toten und Verletzten. Es wurden sowohl die derzeitige deutschen Ansätze als auch die internationalen Ansätze (beides für deutsche verunglückte Fahrradfahrer) angewandt.

Mit den Faktoren  $fS_{LL}$ ,  $fS_{SI}$ , die die relativen Kosten von Leichtverletzten und Schwerverletzten zum Wert des Lebens (VSL2) in der internationalen Berechnung quantifizieren, und  $fS_{LD}$ ,  $fS_{SD}$  und  $fS_{SSD}$ , die die relativen Kosten von Leichtverletzten, Schwerverletzten und Schwerstverletzten zum Wert des Lebens in der nationalen Berechnung (VSL1) quantifizieren, sowie die mit den Methoden von Kapitel 2.2 (S. 24ff) berechneten Zahlen der vermiedenen Toten ( $N_{vT}$ ), vermiedenen Schwerver-

letzten ( $N_{vSD}$ , nationaler Wert,  $N_{vSI}$ , internationaler Wert), vermiedenen Schwerstverletzten ( $N_{vSSD}$ ) und vermiedenen Leichtverletzten ( $N_{vL}$ ) ergibt sich der monetäre Nutzen als:

$$N_{f\_national} = VSL1 \cdot (N_{vT} + fS_{LD} \cdot N_{vL} + fS_{SD} \cdot N_{vSD} + fS_{SSD} \cdot N_{vSSD}) \quad (24)$$

$$N_{f\_international} = VSL2 \cdot (N_{vT} + fS_{LI} \cdot N_{vL} + fS_{SI} \cdot N_{vSI}) \quad (25)$$

Das Ergebnis der Berechnung der Reduzierung der Verletzten und Toten durch Erhöhung der Helmtragequote ist in Tabelle 60 dargestellt.

*Tabelle 60: Summarischer Nutzen des Fahrradhelmes beim Übergang von  $q_{H0}$  auf  $q_{H1}$ . Anzahl vermiedener Verletzter oder Toter.*

| Verletzungstyp                                       | Leicht       | Schwer <sup>71</sup> | Schwerst    | Tote       |
|------------------------------------------------------|--------------|----------------------|-------------|------------|
| Anzahl Reduzierung $q_{H0}=17\%$ auf $q_{H1}=82,5\%$ | <b>11560</b> | <b>3168</b>          | <b>2063</b> | <b>215</b> |
| Anzahl Reduzierung $q_{H0}=49\%$ auf $q_{H1}=82,5\%$ | <b>5600</b>  | <b>1765</b>          | <b>1100</b> | <b>141</b> |
| Anzahl Reduzierung $q_{H0}=17\%$ auf $q_{H1}=100\%$  | <b>14648</b> | <b>4014</b>          | <b>2613</b> | <b>273</b> |
| Anzahl Reduzierung $q_{H0}=49\%$ auf $q_{H1}=100\%$  | <b>8687</b>  | <b>2701</b>          | <b>1675</b> | <b>216</b> |

*Tabelle 61: Prozentuale Veränderung Verletzter oder Toter beim Übergang von  $q_{H0}$  auf  $q_{H1}$ .*

| Verletzungstyp                                       | Leicht       | Schwer <sup>72</sup> | Schwerst      | Tote          |
|------------------------------------------------------|--------------|----------------------|---------------|---------------|
| Anzahl Reduzierung $q_{H0}=17\%$ auf $q_{H1}=82,5\%$ | <b>4,7 %</b> | <b>13 %</b>          | <b>25,3 %</b> | <b>43,4 %</b> |
| Anzahl Reduzierung $q_{H0}=49\%$ auf $q_{H1}=82,5\%$ | <b>2,3 %</b> | <b>7 %</b>           | <b>14,6 %</b> | <b>28,6 %</b> |
| Anzahl Reduzierung $q_{H0}=17\%$ auf $q_{H1}=100\%$  | <b>5,9 %</b> | <b>16,5 %</b>        | <b>32 %</b>   | <b>55,2 %</b> |
| Anzahl Reduzierung $q_{H0}=49\%$ auf $q_{H1}=100\%$  | <b>3,5 %</b> | <b>10,7 %</b>        | <b>22,2 %</b> | <b>43,6 %</b> |

Mit den Berechnungsvorschriften 24 und 25 lässt sich der monetäre Nutzen berechnen (Tabelle 62).

*Tabelle 62: Monetärer Nutzen der Erhöhung der Helmtragequote (in Millionen € bzw. bzw. VSL-Einheiten)*

| Nationale Berechnung |                  |                 |                    |      |                      |                            |
|----------------------|------------------|-----------------|--------------------|------|----------------------|----------------------------|
|                      | Leicht-verletzte | Schwerverletzte | Schwerst-verletzte | Tote | Summe in Millionen € | Summe in VSL <sup>73</sup> |
|                      |                  |                 |                    |      |                      |                            |

<sup>71</sup> Nationaler Ansatz. Für den internationalen Ansatz sind die Werte von „schwer“ und „schwerst“ zu addieren

<sup>72</sup> Nationaler Ansatz. Für den internationalen Ansatz sind die Werte von „schwer“ und „schwerst“ zu addieren

<sup>73</sup> Wert des statistischen Lebens (siehe Kap. 4.7.2.1)

|                                                                                                            |                        |                        |               |               |               |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| q <sub>H0</sub> =17 % auf q <sub>H1</sub> =82,5 %                                                          | <b>57,4</b>            | <b>37,4</b>            | <b>941</b>    | <b>253,9</b>  | <b>1290</b>   | <b>1091</b>         |
| q <sub>H0</sub> =17 % auf q <sub>H1</sub> =82,5 %, ohne Differenzierung von Schwer- und Schwerstverletzten | <b>57,4</b>            | <b>637</b>             |               | <b>253,9</b>  | <b>948</b>    | <b>802</b>          |
| q <sub>H0</sub> =49 % auf q <sub>H1</sub> =82,5 %                                                          | <b>27,8</b>            | <b>20,9</b>            | <b>501,9</b>  | <b>167,1</b>  | <b>717,7</b>  | <b>607</b>          |
| q <sub>H0</sub> =17 % auf q <sub>H1</sub> =100 %                                                           | <b>72,7</b>            | <b>47,5</b>            | <b>1192,3</b> | <b>323,2</b>  | <b>1635,6</b> | <b>1383</b>         |
| q <sub>H0</sub> =49 % auf q <sub>H1</sub> =100 %                                                           | <b>43,1</b>            | <b>31,9</b>            | <b>764,2</b>  | <b>255,3</b>  | <b>1094,7</b> | <b>926</b>          |
| Internationale Berechnung                                                                                  |                        |                        |               |               |               |                     |
|                                                                                                            | <i>Leichtverletzte</i> | <i>Schwerverletzte</i> |               | <i>Tote</i>   | <i>Summe</i>  | <i>Summe in VSL</i> |
| q <sub>H0</sub> =17 % auf q <sub>H1</sub> =82,5 %                                                          | <b>489</b>             | <b>2876,5</b>          |               | <b>908,6</b>  | <b>4274</b>   | <b>1010</b>         |
| q <sub>H0</sub> =49 % auf q <sub>H1</sub> =82,5 %                                                          | <b>236,8</b>           | <b>1575,4</b>          |               | <b>598,1</b>  | <b>2410,4</b> | <b>569</b>          |
| q <sub>H0</sub> =17 % auf q <sub>H1</sub> =100 %                                                           | <b>619,6</b>           | <b>3664,2</b>          |               | <b>1156,4</b> | <b>5420</b>   | <b>1281</b>         |
| q <sub>H0</sub> =49 % auf q <sub>H1</sub> =100 %                                                           | <b>367,5</b>           | <b>2406,3</b>          |               | <b>913,8</b>  | <b>3687,6</b> | <b>872</b>          |

Wie Tabelle 62 zeigt, ergeben sich für die Berechnung nach internationaler Vorschrift wesentlich höhere Werte als für die Berechnung nach nationaler Vorschrift. Allerdings sind die Unterschiede in erster Linie auf die differierenden Ansätze für den Wert des Lebens (VSL) zurückzuführen. Wesentlich höher sind in der internationalen Berechnung die Werte für die Klasse der Leichtverletzten. Das ist auf die höhere relative Bewertung in der internationalen Berechnungsmethode zurückzuführen. Relativiert man die Zahlen der Berechnungen auf die jeweiligen Werte des Lebens, drückt also die Wirkung der Erhöhung einer Helmtragequote in gewonnen Lebensäquivalente aus, ergeben sich ähnliche Zahlen. Trotz sehr unterschiedlicher Faktoren und differierender Ansätze beträgt der Unterschied nur 6 % - 8 % (Unterschied der internationalen zur nationalen Berechnung bei der Normierung auf das jeweilige VSL). Für eine Kombination der Start- und Endhelmtragequoten wurde exemplarisch eine nationale Berechnung ohne Differenzierung in Schwer- und Schwerstverletzten durchgeführt. Der Nutzen fällt hier ca. 36 % geringer aus als bei der differenzierten Berechnung.

In Tabelle 88, S. 357 sind die Parameter aufgelistet, die für die Berechnung herangezogen wurden.

In Tabelle 63 ist dargestellt, wie groß der Anteil des Nutzens des Helmes differenziert nach der Verletzungsschwere ist. Die Berechnung wurde für die Helmtragequoten 49 % und 82,5 % durchgeführt. Sowohl bei der nationalen (mit und ohne Differenzierung in Schwer- und Schwerstverletzte) als auch bei der internationalen Berechnung überwiegt der Anteile der Schwer- oder Schwerstverletzten. Der Anteil der Toten ist bei beiden Berechnungsmethoden mit etwa einem Fünftel gleich. Die Leichtverletzten wiegen jeweils nur gering – vor allem in der nationalen Berechnung. Der hohe Nutzenanteil bei den Schwerstverletzten resultiert aus den hohen angesetzten Kosten im Vergleich zu den sonstigen Schwerverletzten. In der Mischkalkulation der nationalen Berechnungsmethode ohne Differenzierung nach Schwer- und Schwerstverletzten ist der Anteil des Nutzens durch Vermiedene Schwerverletzte mit etwas über 2/3 aber genauso hoch wie bei der internationalen Berechnung.

*Tabelle 63: Anteile des monetären Nutzens der Erhöhung der Helmtragequote differenziert nach Verletzungsschwere*

| Verletzungstyp                                                              | Leicht | Schwer | Schwerst | Tote   |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------|--------|----------|--------|
| nationale Berechnung                                                        | 3,9 %  | 2,9 %  | 69,9 %   | 23,3 % |
| nationale Berechnung ohne Differenzierung in Schwer- und Schwerstverletzten | 5,1 %  | 64,1 % |          | 30,7 % |
| internationale Berechnung                                                   | 9,8 %  | 65,4 % |          | 24,8 % |

#### **4.7.3.1.1 Altersdifferenzierung**

In Tabelle 64 ist der monetäre Nutzen der Erhöhung der Helmtragequote für das Szenario  $q_{H0}=49\%$  auf  $q_{H1}=82,5\%$  in der nationalen und internationalen Berechnung altersdifferenziert dargestellt.

*Tabelle 64: Monetärer Nutzen der Erhöhung der Helmtragequote bei Veränderung der durchschnittlichen Helmtragequote von  $q_{H0}=49\%$  auf  $q_{H1}=82,5\%$ , altersdifferenziert (Nutzen in Millionen €)*

| Altersklasse | Nationale Berechnung | Internationale Berechnung |
|--------------|----------------------|---------------------------|
| 0-9 Jahre    | 14,9                 | 50,6                      |
| 10-19 Jahre  | 82,3                 | 283,3                     |
| 20-64 Jahre  | 386,7                | 1294,8                    |
| 65-79 Jahre  | 166,4                | 555,2                     |
| 80-99 Jahre  | 67,3                 | 226,5                     |
| Summe        | <b>718</b>           | <b>2410</b>               |

Besonders stark wirkt sich die Helmtragequote auf die über 65-Jährigen aus, da es in diesen Altersgruppen (trotz geringerer Fahrleistung) besonders viele Schwerverletzte und Tote gibt. Die 80-99-Jährigen machen nur 3,6 % der Fahrleistung der Bis-19-Jährigen aus. Gleichzeitig ist aber der monetäre Nutzen bei den 80-99-Jährigen im Vergleich zu den Bis-19-Jährigen nur 20 % kleiner. Der Nutzen der Helmtragequote für die 80-99-jährigen ist bezogen auf die Fahrleistung damit 20-fach so hoch wie für die Bis-19-Jährigen.

Für die Berechnungen wurden die in Tabelle 88, S. 357 aufgelisteten Parameter verwendet.

#### **4.7.3.2 Kosten $K_m$ : Kosten für die Anschaffung von Helmen**

In der eigenen Telefonbefragung gaben 54 % der befragten Fahrradfahrer an, einen Fahrradhelm zu besitzen (siehe Abbildung 45, S. 105). Kosten für den Neukauf eines Fahrradhelms würden entste-

hen, wenn die restlichen 46 % sich wegen der Fahrradhelmpflicht zu einem Neukauf genötigt fühlten. In der Telefonbefragung dieser Studie gaben 82,5 % der Befragten an, nach der Einführung einer Helmpflicht mit Fahrradhelm fahren zu wollen (siehe Abbildung 77, S. 126). Demnach müssten  $q_{HR} = 28\%$  der Fahrradfahrer einen Helm kaufen. Die  $r_A = 5,3\%$  der Befragten in der Telefonbefragung, die abgaben, nach der Einführung einer Helmpflicht mit dem Fahrradfahren aufzuhören, werden keinen Helm kaufen müssen.

Für die Kosten für einen Helm setzten wir wie Sieg (2014) den geringsten Preis für einen sicheren Helm an und wählen ebenfalls  $C_H = 27,62\text{€}$  mit einer Lebensdauer von  $l_h = 5 \text{ Jahre}^{74}$ . Danach ergeben sich mit  $B_f$  der Anzahl der aktiv Fahrradfahrenden in Deutschland die Kosten für Helme zu:

$$K_m = B_f \cdot (1 - r_A) \cdot q_{HR} \cdot \frac{C_H}{l_H} \quad 26^{75}$$

Der Faktor  $(1 - r_A) \cdot q_{HR} \cdot \frac{C_H}{l_H}$  spiegelt die jährlichen Kosten umgelegt auf alle Fahrradfahrer wieder. Mit den Parameterwerten aus Tabelle 92, S. 371 sind dies 1,46 €. Altersdifferenziert ändert sich Gleichung 26 durch Setzung der jeweiligen Anzahlen  $B_{f\_i}$  von Fahrradfahrern. Mit den Parameterwerten aus Tabelle 92, S. 371 ergeben sich folgende Kosten für den Helmkauf nach Einführung einer Helmpflicht.

*Tabelle 65: Altersdifferenzierte Kosten für den Kauf eines Helmes nach Einführung einer Helmpflicht (in Millionen €).*

| Altersklasse | $K_{m\_i}$  |
|--------------|-------------|
| 0-9 Jahre    | <b>1,6</b>  |
| 10-19 Jahre  | <b>3,2</b>  |
| 20-64 Jahre  | <b>10,1</b> |
| 65-79 Jahre  | <b>2,3</b>  |
| 80-99 Jahre  | <b>0,2</b>  |
| Summe= $K_m$ | <b>17,4</b> |

Nicht berücksichtigt wurde der zeitliche Aufwand für die Beschaffung eines Fahrradhelmes. Es wurde davon ausgegangen, dass diese einerseits – insbesondere auch in Zeiten des Internet-Handels – gering sind und andererseits der Helmkauf mit anderen Einkäufen/Besorgungen verbunden werden kann und daher kein signifikanter Zeiteinsatz erforderlich ist.

<sup>74</sup> Die Funktionslebensdauer ist wesentlich höher. Die Grenze von 5 Jahren wird in der Regel aus hygienischen Gründen gesetzt. Bei richtiger Lagerung ist kein Ende der Lebensdauer aus Sicht des Schutzes abschätzbar. Bei einem Unfall, sollte er aber ausgetauscht werden. Ein bloßes Hinfallen verkürzt die Lebenszeit nicht.

<sup>75</sup> Geht man nach (Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH, 2013) von nur 46,8 Millionen Fahrradfahrern und einem Anteil von Nicht-mit-Helm-Fahrenden von 51% aus, ergeben sich Kosten von 132 Millionen €

## 4.7.4 Auswirkungen des Rückgangs des Fahrradverkehrs

### 4.7.4.1 Kosten $K_h$ : Verringerter Gesundheitsnutzen

In Kapitel 4.4, S. 174ff wurden die Methoden zur Berechnung derjenigen Kosten, die eine Veränderung der Fahrradleistung erzeugen, vorgestellt. Grundannahme ist ein Rückgang der Fahrradleistung um 6,7 %, wie er aus der eigenen Telefonbefragung ermittelt wurde (Tabelle 35, S. 123). Tabelle 66 fasst die Berechnungen zusammen. Es wird dabei zwischen der Berechnung mit Annahme, dass der Verzicht auf das Fahrradfahren teilweise wieder durch zusätzlichen Sport ausgeglichen wird, und ohne diese Annahme unterschieden.

*Tabelle 66: Summarische Kosten der Einführung einer obligatorischen Helmpflicht durch reduzierte Gesundheitswirkung auf Grund der Reduzierung der Fahrleistung um 6,7 % (in Millionen €).*

| Altersklasse | ohne Sport,<br>nationale Berechnung | ohne Sport,<br>internationale Berechnung | mit Sport,<br>nationale Berechnung | mit Sport,<br>internationale Berechnung |
|--------------|-------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| 0-9 Jahre    | <b>1,2</b>                          | <b>4,3</b>                               | <b>0,49</b>                        | <b>1,8</b>                              |
| 10-19 Jahre  | <b>4,3</b>                          | <b>15,4</b>                              | <b>1,9</b>                         | <b>6,8</b>                              |
| 20-64 Jahre  | <b>105,6</b>                        | <b>378</b>                               | <b>79,5</b>                        | <b>284,6</b>                            |
| 65-79 Jahre  | <b>219</b>                          | <b>783,7</b>                             | <b>141,1</b>                       | <b>504,9</b>                            |
| 80-99 Jahre  | <b>113,7</b>                        | <b>406,9</b>                             | <b>78,5</b>                        | <b>280,7</b>                            |
| Summe        | <b>443,9</b>                        | <b>1588</b>                              | <b>301,5</b>                       | <b>1078</b>                             |

Bei der Interpretation der Zahlen muss berücksichtigt werden, dass bei den Gesundheitseffekten des Radfahrens aufgrund der vorhandenen Theorien nur die vermiedenen Toten berücksichtigt sind – nicht der Rückgang der Krankentage sowie die Kosten von Erkrankungen die nicht zum Tod führen.

Die Kosten sind (wie erwartet) bei den über 65-Jährigen besonders hoch (siehe Bemerkungen in Kap. 4.4.6, S. 179)

### 4.7.4.2 Nutzen $N_n$ : Nutzen durch Wechsel zu einem sicheren Verkehrsmittel

In Kapitel 4.5 (S. 181ff) wurde die Methode zur Berechnung des Nutzens eines Rückgangs des Radverkehrs wegen des Übergangs auf sichere Verkehrsmittel vorgestellt. Es wurden Berechnungen mit Annahme eines konstanten Wegelängenbudgets und eines konstanten Zeitbudgets durchgeführt. Die Autoren halten die Annahme eines konstanten Wegelängenbudgets für die vorliegende Problematik für angemessener. Die Unterschiede sind wie gezeigt (siehe Tabelle 54, S. 182) allerdings nur gering. Tabelle 67 fasst die Ergebnisse der monetären Berechnungen zusammen. Es wurden eine derzeitige Helmtragequote von  $q_{H0}=49\%$  angesetzt. Bei Annahme von  $q_{H0}=17\%$  sind die Werte nur geringfügig (0,7 %) kleiner.



*Tabelle 67: Jährliche Kosteneinsparung durch vermiedene Verletzte und Tote durch Übergang auf ein anderes Verkehrsmittel bei Helmtragequoten  $q_{H0}=49\%$  und Annahme eines konstanten Wegelängenbudgets (Werte in Millionen €).*

| Altersklasse                     | Leicht       | Schwer       | Tote        | Summe        | Summe in VSL |
|----------------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| <b>nationale Berechnung</b>      |              |              |             |              |              |
| 0-9 Jahre                        | <b>2,1</b>   | <b>5,9</b>   | <b>0,2</b>  | <b>8,2</b>   | <b>6,9</b>   |
| 10-19 Jahre                      | <b>13,2</b>  | <b>31,8</b>  | <b>1,4</b>  | <b>46,4</b>  | <b>47,7</b>  |
| 20-64 Jahre                      | <b>42,9</b>  | <b>148</b>   | <b>7,6</b>  | <b>198,5</b> | <b>167,9</b> |
| 65-79 Jahre                      | <b>8,7</b>   | <b>49</b>    | <b>7,8</b>  | <b>65,5</b>  | <b>55,4</b>  |
| 80-99 Jahre                      | <b>1,7</b>   | <b>15,1</b>  | <b>4,5</b>  | <b>21,3</b>  | <b>18</b>    |
| <b>Summe</b>                     | <b>68,6</b>  | <b>250</b>   | <b>21,5</b> | <b>340</b>   | <b>287,7</b> |
| <b>internationale Berechnung</b> |              |              |             |              |              |
| 0-9 Jahre                        | <b>18</b>    | <b>26,7</b>  | <b>0,8</b>  | <b>45,4</b>  | <b>10,7</b>  |
| 10-19 Jahre                      | <b>112</b>   | <b>143,4</b> | <b>4,9</b>  | <b>260,4</b> | <b>61,6</b>  |
| 20-64 Jahre                      | <b>365</b>   | <b>669</b>   | <b>27,4</b> | <b>1062</b>  | <b>251</b>   |
| 65-79 Jahre                      | <b>74,4</b>  | <b>221,5</b> | <b>27,7</b> | <b>323,6</b> | <b>76,5</b>  |
| 80-99 Jahre                      | <b>14,6</b>  | <b>68,2</b>  | <b>16,1</b> | <b>100</b>   | <b>23,4</b>  |
| <b>Summe</b>                     | <b>584,6</b> | <b>1129</b>  | <b>76,8</b> | <b>1790</b>  | <b>423,2</b> |

Die größten Kosteneinsparungen ergeben sich in der Kategorie der Schwerverletzten.

#### 4.7.4.3 Kosten $K_e$ : Umweltkosten, verursacht durch Übergang auf Auto oder ÖV

Die Umweltkosten errechnen sich aus den auf das Auto oder den ÖV substituierten Wegen nach Reduzierung der Fahrradleistung auf Grund der Einführung einer obligatorischen Helmpflicht. Die Umweltkosten des Radfahrens und des Zu-Fuß-Gehens werden mit Null angenommen.

Mit  $W_c^S$  dem substituierten Weg auf das Verkehrsmittel Auto und  $W_b^S$  auf das Verkehrsmittel ÖV sowie den Faktoren  $c_c$  und  $c_b$  gemäß Kapitel 4.7.2.6 (S. 195) ergeben sich die Kosten zu

$$K_e = c_c \cdot W_c^S + c_b \cdot W_b^S \quad (27)$$

$W_c^S$  und  $W_b^S$  errechnen sich aus der Gesamtsumme aller Fahrradkilometer in Deutschland  $W_f$  multipliziert mit den in der Telefonbefragung ermittelten Werten für die Reduzierung des Fahrradfahrens mit Substitution auf das Auto oder auf den ÖV  $r_c$  und  $r_b$  (siehe Tabelle 91, S. 369)

$$W_b^S = r_b \cdot W_f \quad (28)$$

$$W_c^S = r_c \cdot W_f \quad (29)$$

Mit den in Tabelle 91, S. 369 zusammengefassten Werten der Parameter ergeben sich Umweltkosten zu:

*Tabelle 68: Umweltkosten durch Übergang von Fahrrad auf Auto oder ÖV (in Millionen €).*

| Umweltkosten Auto | Umweltkosten ÖV | Summe Umweltkosten |
|-------------------|-----------------|--------------------|
| <b>52,7</b>       | <b>2,7</b>      | <b>55,4</b>        |

#### 4.7.4.3.1 Altersdifferenzierte Betrachtung

Die Auswirkungen des Rückgangs des Fahrradverkehrs wurden bisher altersdifferenziert gerechnet. Für eine Zusammenführung ist deshalb auch die Berechnung altersdifferenzierter Umweltkosten interessant. Da aus der Telefonbefragung dieser Studie altersdifferenzierte Aussagen über den induzierten Modalsplit der Aufhörer oder Reduzierer abgeleitet wurden, ist diese differenzierende Berechnung möglich. Gleichung 27 ändert sich dann zu:

$$K_{e_i} = c_c \cdot W_{c_i}^S + c_b \cdot W_{b_i}^S, i = 0\_9, 10\_19, 20\_64, 65\_79, 80\_99 \quad (30)$$

Wobei 0\_9, 10\_19 jeweils den Altersbereich angibt. Gleichungen 28 und 29 ändern sich dementsprechend zu:

$$W_{b_i}^S = r_{b_i} \cdot W_{f_i}, i = 0\_9, 10\_19, 20\_64, 65\_79, 80\_99 \quad (31)$$

$$W_{c_i}^S = r_{c_i} \cdot W_{f_i}, i = 0\_9, 10\_19, 20\_64, 65\_79, 80\_99 \quad (32)$$

$W_{f_i}$  ist dabei die Gesamtkilometerleistung aller Fahrradfahrer in den jeweiligen Altersklassen, abgeleitet aus den Daten von MiD 2008 (2010). Die Gesamtumweltkosten ergeben sich dann über die Summierung aller Altersklassen.

$$K_e = \sum_i K_{e_i}, i = 0\_9, 10\_19, 20\_64, 65\_79, 80\_99 \quad (33)$$

Mit den Parametern aus Tabelle 91, S. 369 ergeben sich dann die in Tabelle 69 dargestellten Werte.

*Tabelle 69: Altersdifferenzierte Umweltkosten durch Übergang von Fahrrad auf Auto oder ÖV (in Millionen €).*

| Altersklasse | $K_{e_i}$   |
|--------------|-------------|
| 0-9 Jahre    | <b>0,73</b> |
| 10-19 Jahre  | <b>7</b>    |
| 20-64 Jahre  | <b>37,3</b> |
| 65-79 Jahre  | <b>6</b>    |
| 80-99 Jahre  | <b>0,3</b>  |
| Summe= $K_e$ | <b>51,4</b> |

Das aus der differenzierten Berechnungsmethode ermittelte  $K_e$  ist etwas kleiner als das von Tabelle 68. Der von Sieg, 2014 (Gleichung 39, S. 212) errechnete Wert (11,5 Mill. Euro) ist wesentlich geringer.

#### 4.7.5 Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses (BCR)

In den vorherigen Kapiteln wurden die Bestimmungstücke zur Ermittlung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses der Einführung einer Helmpflicht in Deutschland zusammengetragen. In den Teilberechnungen wurden einige Variantenrechnungen durchgeführt, weil es bei einigen Parametern zwei unterschiedliche Werte gibt, bei denen nicht eindeutig entschieden werden kann, welcher Wert gültig ist:

1. Die derzeitige auf die Kilometerleistung bezogene Helmtragequote in Deutschland  $q_{H0}$  ist nicht bekannt. Die in Befragungen erhobenen Quoten (nicht nur bei der eigenen Befragung) sind wesentlich höher, als die von der Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlichten Zahlen. Das wirkt sich auf die Berechnung des Nutzens einer Helmpflicht durch die Helmwirkung aus, da es einen größeren Unterschied zu der Helmtragequote nach Einführung der Helmpflicht geben kann. Mit der Annahme der kleineren Werte der derzeitigen Helmtragequote, wie sie die BAST veröffentlichen, ergibt sich ein um 80 % höherer Nutzen im Teilfaktor. Nach Auswertung der Erhebungsmethode Bundesanstalt für Straßenwesen (siehe Bemerkungen in Kapitel 4.1.7.2, S. 129) halten wir allerdings den höheren Wert für die derzeitige auf die Kilometerleistung bezogene Helmtragequote für wahrscheinlicher.
2. Es gibt zwei grundsätzlich verschiedenen Ansätze zur Berechnung des Lebens eines Fahrradfahrers in Deutschland: eine nationale und eine internationale. Wesentlicher Unterschied ist der ca. 3,6-fache Wert in der internationalen Berechnung. Ein weiterer größerer Unterschied liegt in der prozentualen Bewertung von Leichtverletzten. In der internationalen Berechnung werden die Kosten von Leichtverletzten (dargestellt in VSL-Äquivalenten) mehr als doppelt so hoch wie in der nationalen Berechnung angesetzt.

Die Entscheidung, ob die nationale oder internationale Berechnung die richtigere ist, ist weniger eine wissenschaftliche als eine politische Frage. Vor dem Hintergrund, dass wichtige Staaten in Europa die internationale Berechnungsmethode benutzen und auch in Deutschland über ein Wechsel nachgedacht wird, halten wir die internationale Berechnungsmethode für die angemessenere.

In den obigen Berechnungen wurden noch Variationen der erwarteten Helmtragequote nach Einführung einer Helmpflicht  $q_{H1}$  (82,5 % und 100 %) gerechnet. Wir halten die 100 %-Quote für unwahrscheinlich und betrachten sie in den weiteren Berechnungen nicht weiter. Der Nutzen der Helmpflicht wird also eher konservativ angenommen. Variiert wurde auch die Annahme, ob Fahrradfahrer, die wegen der Einführung einer Helmpflicht mit dem Fahrradfahren aufhören, dies durch zusätzlichen Sport ausgleichen. In den folgenden Berechnungen gehen wir davon aus, dass die Berechnungen mit Berücksichtigung des Sportausgleichs adäquater sind.

Im Folgenden werden die Berechnungen für die vier Varianten der Variation der beiden Parameter Helmtragequote in Deutschland  $q_{H0}$  (17 % oder 49 %) und nationale oder internationale Berechnung (Indizierung: VSL1 und VSL2) vorgestellt.

*Tabelle 70: Kosten und Nutzen der Einführung einer Helmpflicht bei vier Kombinationen der derzeitigen Helmtragequote und der Berechnungsmethode (national, international) (in Millionen €, bzw. dimensionslos).*

| Kosten/Nutzen                        | $N_f$  | $N_n$ | $K_h$  | $K_m$ | $K_e$ | BCR           |
|--------------------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|---------------|
|                                      | Nutzen |       | Kosten |       |       | Nutzen/Kosten |
| $q_{H0}=17\%$ , VSL1 (national)      | 1290   | 291,5 | 301,5  | 17,4  | 51,4  | 4,3           |
| $q_{H0}=49\%$ , VSL1 (national)      | 718    | 294   | 301,5  | 17,4  | 51,4  | 2,7           |
| $q_{H0}=17\%$ , VSL2 (international) | 4274   | 1561  | 1079   | 17,4  | 51,4  | 5,1           |
| $q_{H0}=49\%$ , VSL2 (international) | 2410   | 1573  | 1079   | 17,4  | 51,4  | 3,5           |

mit:

$N_f$ : Durch Veränderung der Helmtragequote induzierter Nutzen durch verringerte Verletzten- und Totenzahlen.

$N_n$ : Nutzen eines Rückgangs des Radverkehrs durch Übergang auf statistisch sichere Verkehrsmittel.

$K_h$ : Gesundheitskosten auf Grund eines Rückgangs des Radverkehrs bei Einführung einer obligatorischen Helmpflicht unter Berücksichtigung der positiven Gesundheitswirkung beim Übergang vom Fahrradfahren zu der Bewältigung der Strecke zu Fuß.

$K_m$ : Kosten der Helme, die wegen der Einführung einer Helmpflicht gekauft werden müssten.

$K_e$ : Umweltkosten durch Übergang auf das Auto oder auf öffentliche Verkehrsmittel nach Aufgabe des Fahrradfahrens.

BCR: Verhältnis Nutzen zu Kosten. Werte größer 1 zeigen einen summarischen Nutzen an.

In allen Varianten erhalten wir demnach ein BCR von über eins. Der Nutzen ist zwischen 170 % und 410 % höher als die Kosten.

#### 4.7.5.1 Altersdifferenzierte Betrachtung

In Tabelle 71 ist das Nutzen-Kosten-Verhältnis BCR altersdifferenziert dargestellt.

*Tabelle 71: BCR altersdifferenziert.*

| Altersklasse | $q_{H0}=17\%$ , VSL1 | $q_{H0}=49\%$ , VSL1 | $q_{H0}=17\%$ , VSL2 | $q_{H0}=49\%$ , VSL2 |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 0-9 Jahre    | 12,2                 | 7,8                  | 32,2                 | 22,1                 |
| 10-19 Jahre  | 15,8                 | 10,1                 | 43,8                 | 30,2                 |
| 20-64 Jahre  | 6,9                  | 4,4                  | 9,8                  | 6,7                  |
| 65-79 Jahre  | 2,3                  | 1,5                  | 2,4                  | 1,6                  |
| 80-99 Jahre  | 1,7                  | 1,1                  | 1,6                  | 1,1                  |
| Alle         | 4,3                  | 2,7                  | 5,1                  | 3,5                  |

Bei den Berechnungen wurden keine altersdifferenzierten Helmtragequoten zugrunde gelegt.

Bei der Interpretation der hohen Nutzen-Kosten-Verhältnisse muss berücksichtigt werden, dass eine Helmpflicht bei diesen Altersklassen den geringsten absoluten Nutzen hätte, da die absoluten Unfallzahlen gering sind. Die Gesundheitsfolgen durch Bewegungsmangel sind nach derzeitige Datenlage aber ebenfalls sehr gering. Die hohen Nutzen-Kosten-Verhältnisse bei den Kindern und Jugendlichen ergeben sich daher auf Basis geringer absoluter Werte. Zusätzlich macht sich die Nicht-Berücksichtigung altersdifferenzierter Helmtragequoten hier stark bemerkbar. Speziell bei Kindern sind die Helmtragequoten in Deutschland bereits sehr hoch. Es könnten also real nur wenige zusätzliche Helmträger generiert werden.

#### 4.7.6 Break-Even-Analysen

Eine Break-Even-Analyse einer Kosten-Nutzen-Rechnung variiert einzelne Parameter, von denen bekannt ist, dass der Wert unter Umständen unsicher ist. Die obigen Berechnungen fußen auf insgesamt über 260 Parametern, die unterschiedlich sicher sind und nicht alle variiert werden können. Da sich im vorherigen herausgestellt hat, dass sich in allen gerechnet Varianten ein BCR über eins ergibt, erscheint es sinnvoll, für eine Break-Even-Analyse kritische Parameter auszuwählen, die möglicherweise zu Werten unter eins führen.

Dazu wurde einerseits in den Berechnungen der mögliche Rückgang der Fahrradfahrleistung variiert. Die bei den bisherigen Berechnungen zu Grunde gelegte Rate ist aus Befragungen abgeleitet; es ist deshalb nicht auszuschließen, dass sie höher ist. Andererseits wurde probeweise die Dunkelziffer verändert, die den Anteil der in den offiziellen Unfallstatistiken nicht erfassten Unfälle von Fahrradfahrern abbildet. Zwar gibt es aus Krankenhausstudien starke Hinweise für eine erhebliche Dunkelziffer (siehe Abschnitt 2.2.6, S. 40). Die diesbezüglichen Forschungsergebnisse reichen aber nicht aus, um den Wert der Dunkelziffer, insbesondere die Abhängigkeit von der Verletzungsschwere, mit absoluter Sicherheit quantifizieren zu können.

##### 4.7.6.1 Variation des Rückgangs der Fahrradfahrleistung

In Tabelle 72 sind die Werte für BCR für höhere Rückgänge der Fahrradfahrleistung dargestellt.

Tabelle 72: BCR mit der Variation des angenommenen Rückgang der Fahrradleistung für alle Altersgruppen.

| Rückgang | $q_{H0}=17\%$ , VSL1 | $q_{H0}=49\%$ , VSL1 | $q_{H0}=17\%$ , VSL2 | $q_{H0}=49\%$ , VSL2 |
|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 6,7 %    | <b>4,3</b>           | <b>2,7</b>           | <b>5,1</b>           | <b>3,5</b>           |
| 10 %     | <b>3,1</b>           | <b>2,1</b>           | <b>3,8</b>           | <b>2,8</b>           |
| 20 %     | <b>2</b>             | <b>1,5</b>           | <b>2,6</b>           | <b>2,1</b>           |
| 30 %     | <b>1,6</b>           | <b>1,3</b>           | <b>2,2</b>           | <b>1,9</b>           |

Die Summarischen BCR sind auch mit einem sehr hohen angenommenen Rückgang der Fahrradfahrleistung von 30 % noch größer als 1.

#### 4.7.6.2 Veränderung der Dunkelziffer

Tabelle 73 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen von Nutzenfaktoren und Kostenfaktoren der Einführung einer Helmpflicht für eine vollständige Vernachlässigung der Dunkelziffer.

*Tabelle 73: Kosten und Nutzen der Einführung einer Helmpflicht bei vier Kombinationen der derzeitigen Helmtragequote und der Berechnungsmethode (national, international) mit Vernachlässigung von Dunkelziffern (in Millionen €, bzw. dimensionslos).*

| Kosten/Nutzen                                | N <sub>f</sub> | N <sub>n</sub> | K <sub>n</sub> | K <sub>m</sub> | K <sub>e</sub> | BCR           |
|----------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
|                                              | Nutzen         |                | Kosten         |                |                | Nutzen/Kosten |
| q <sub>H0</sub> =17 % , VSL1 (national)      | 800            | 125            | 301,5          | 17,4           | 51,4           | 2,5           |
| q <sub>H0</sub> =49 % , VSL1 (national)      | 452            | 125            | 301,5          | 17,4           | 51,4           | 1,6           |
| q <sub>H0</sub> =17 % , VSL2 (international) | 2290           | 617            | 1079           | 17,4           | 51,4           | 2,5           |
| q <sub>H0</sub> =49 % , VSL2 (international) | 1361           | 616            | 1079           | 17,4           | 51,4           | 1,7           |

Auch bei Vernachlässigung der Dunkelziffer sind die summarischen BCR immer über eins.

Tabelle 74 zeigt das Nutzen-Kostenverhältnis für die Einführung einer Helmpflicht bei vier Kombinationen der derzeitigen Helmtragequote und der Berechnungsmethode (national, international) bei unterschiedlichen Annahmen der Variation der Dunkelziffern (gemäß Ansatz von Abbildung 10) von 0 (keine Dunkelziffer berücksichtigt), über 0,5 (angenommene Dunkelziffer wird um 50 % reduziert) bis 1 (volle Dunkelzifferannahme) und Annahme eines Rückgangs des Fahrradverkehrs um 6,7 %, 15 %, 20 % und 25 %. Auch in dieser Kombination bleibt das BCR meist über eins.

*Tabelle 74: BCR bei vier Kombinationen der derzeitigen Helmtragequote und der Berechnungsmethode (national, international) bei verschiedenen Kombinationen des Dunkelzifferansatzes (0 bis 1) und der Annahme eines Rückgangs des Fahrradverkehrs*

|                                                    | BCR     | BCR     | BCR      | BCR    | BCR       | BCR    |
|----------------------------------------------------|---------|---------|----------|--------|-----------|--------|
| Kombination Dunkelziffer / Rückgang Fahrradverkehr | 1/6,7 % | 0/6,7 % | 0,5/15 % | 1/20 % | 0,25/20 % | 0/25 % |
| q <sub>H0</sub> =17 % , VSL1 (national)            | 4,3     | 2,5     | 1,7      | 3,1    | 1,2       | 1,1    |
| q <sub>H0</sub> =49 % , VSL1 (national)            | 2,7     | 1,6     | 1,2      | 2,1    | 0,9       | 0,8    |
| q <sub>H0</sub> =17 % , VSL2 (international)       | 5,1     | 2,5     | 1,9      | 3,8    | 1,4       | 1,2    |
| q <sub>H0</sub> =49 % , VSL2 (international)       | 3,5     | 1,7     | 1,4      | 2,8    | 1,1       | 0,9    |

#### 4.7.6.3 Vergleich Wirkung Helm gegenüber Gesundheitswirkung in Lebensäquivalenten

Gemäß der „Vision Zero“ interessiert in besonderem Maße der Einfluss auf die Toten und Schwerverletzten. Deshalb soll in der folgenden Übersicht der Nutzen einer Erhöhung der Helmtragequote,

induziert durch eine Helmpflicht für Fahrradfahrer, dem Schaden durch verringerte Gesundheitswirkung gegenübergestellt werden (Tabelle 75). Die vermiedenen Verletzten werden gemäß der Umrechnungsvorschriften von Kapitel 4.7.2.3 in Lebensäquivalente umgerechnet. Ein Toter entspricht einem Lebensäquivalent. Es wird ein Anstieg der Helmtragequote von 49% auf 82,5 % angenommen.

*Tabelle 75: Auswirkung einer Helmpflicht auf Lebensäquivalente.*

| <i>Aktuelle Helmtragequote</i>      | <i>Helmwirkung</i> | <i>Verringerte Gesundheitswirkung</i> | <i>SUMME</i> |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------|
| q <sub>HO</sub> =49 % national      | <b>-607</b>        | <b>+256</b>                           | <b>-351</b>  |
| q <sub>HO</sub> =49 % international | <b>-569</b>        | <b>+256</b>                           | <b>-313</b>  |

In dieser Betrachtung ergibt sich rechnerisch ein großes Minus an Lebensäquivalenten, das heißt ein Nutzen der Einführung einer Helmpflicht. Die Unterschiede der nationalen und internationalen Berechnung sind wegen dem Bezug auf den Wert des Lebens nur gering.

#### *4.7.6.4 Differenzierte Betrachtung der Altersklassen*

Wie gezeigt, gibt es große Unterschiede in der ökonomischen Bewertung der Einführung einer Helmpflicht zwischen Jüngeren und Älteren. Wegen der teilweise vorhandenen Unsicherheit über Parameter oder Berechnungsmethoden soll der ökonomische Einfluss der Einführung einer Helmpflicht für die oben definierten Altersklassen separat diskutiert werden.

##### *4.7.6.4.1 unter 10-Jährige*

Die Helmtragequote der unter 10-Jährigen ist heute schon sehr hoch. Die BAST ermittelt für 6-10-Jährige für das Jahr 2014 eine Helmtragequote von 69 % (Wandtner, 2015). Die Auswirkungen einer Helmpflicht sind deshalb geringer als bei den anderen Altersklassen. Dies konnte bei der angenommenen Helmtragequote von 17 % bzw. 49 % so allerdings nicht berücksichtigt werden. Allerdings ist die Auswirkung der Gesundheitswirkung eines Rückgangs der Fahrradfahrleistung rechnerisch so gering, dass immer der Nutzen höher ist als die Kosten.

Ein positiver ökonomischer Effekt der Einführung einer Helmpflicht kann für die Altersklasse der unter 10-Jährigen als relativ gesichert angesehen werden.

##### *4.7.6.4.2 Zwischen-10-und-19-Jährige*

Die Helmtragequote der Zwischen-10-und-19-Jährigen ist etwa so groß wie die der 20-bis-65-Jährigen (Wandtner, 2015). Die potentielle Wirkung einer Helmpflicht ist deshalb hoch. Bezüglich der Gesundheitswirkung des Radfahrens gilt dasselbe wie für die unter 10-Jährigen. Auch hier verändert eine rechnerische Korrektur der Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens für Zwischen-10-und-19-Jährige nur wenig an der Kosten-Nutzen-Betrachtung.

Ein positiver ökonomischer Effekt der Einführung einer Helmpflicht kann für die Altersklasse der Zwischen-10-und-19-Jährigen als relativ gesichert angesehen werden.

#### **4.7.6.4.3 Zwischen-20-und-64-Jährige**

Die Datenlage bei den Zwischen-20-und-64-Jährigen ist relativ gut.

In Verbindung mit der erheblich positiven Wirkung des Helmes bleibt immer ein erheblicher Nutzenüberhang, der auch bei Vernachlässigung der Dunkelziffer und gleichzeitiger Annahme einer hohen Reduzierung der Fahrradfahrleistung um 30 % noch positiv ist.

Ein positiver ökonomischer Effekt der Einführung einer Helmpflicht kann deshalb für die Altersklasse der Zwischen-20-und-64-Jährigen als relativ gesichert angesehen werden.

#### **4.7.6.4.4 über 65-Jährige**

Die Altersklassen der 65-79-Jährigen und die der 80-99-Jährigen werden in der Betrachtung zusammengefasst, weil die Rückschlüsse ähnlich sind. Bei den 65-79-Jährigen und mehr noch bei den 80-99-Jährigen ist die Schwere von Verletzungen überproportional hoch und deshalb ein Helm besonders nützlich. Andererseits tendieren die über 65-Jährigen eher zum Verzicht auf das Fahrradfahren, falls es zu einer obligatorischen Helmpflicht kommt und die Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens ist bei den Älteren besonders hoch. Dennoch überwiegen die Nutzenfaktoren bei dem gewählten Parametersatz die Kostenfaktoren. Bei Variation der Parameter zeigt sich aber, dass die Möglichkeit eines BCR unter 1 besteht.

Die Berechnungen ergeben zwar einen positiven ökonomischen Effekt der Einführung einer Helmpflicht für die Altersklasse der über 65-Jährigen, der aber wesentlich weniger sicher ist als für die Altersklasse der unter 65-Jährigen. Die Gefahr einer ökonomisch negativen Auswirkung der Helmpflicht steigt mit dem Alter.

### **4.7.7 Zusammenfassung eigener Kosten-Nutzen-Analysen und Break-Even-Berechnungen**

Mit den im Verlauf dieser Studie vorgestellten Berechnungsmethoden und den aus der eigenen Telefonbefragung oder der Literatur abgeleiteten über 260 Parameter (siehe Anhang 8, S. 357ff) wurden Berechnungen der Nutzen- und Kostenfaktoren, verursacht durch Einführung einer obligatorischen Helmpflicht in Deutschland durchgeführt. Mit den in der Studie vorgestellten Modellvorstellungen ergibt sich, dass mit der Einführung einer obligatorischen Helmpflicht in Deutschland volkswirtschaftlich mehr Nutzen als Kosten erwartet werden können. Dies gilt sowohl für die nationale Berechnung mit nationalen Quantifizierungen von Getöteten und Verletzten als auch für internationale Berechnungen, wobei der Nutzen sich bei Letzteren höher darstellt. Das Überwiegen des Nutzens ergibt sich auch dann, wenn man eine relativ hohe derzeitige Helmtragequote von 49 % annimmt, die weit höher ist, als die offizielle, von der Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlichte Quote von 17 %.



## 4.8 Nutzen-Kosten-Verhältnis nach Sieg

Die in Deutschland in der jüngsten Vergangenheit wohl mit der höchsten Aufmerksamkeit bedachte Veröffentlichung zum Thema „Nutzen-Kosten-Verhältnis der Helmpflicht in Deutschland“ ist eine Veröffentlichung von Gernot Sieg (2014). Wegen ihrer hohen Brisanz in der erhitzten Diskussion über eine mögliche Helmpflicht in Deutschland hat diese Veröffentlichung ein für wissenschaftliche Veröffentlichungen ungewöhnlich hohes Medienecho gefunden. So berichtet z.B. Spiegel ONLINE (2014) über diese Studie mit dem Fazit. „Eine Helmpflicht in Deutschland würde mehr schaden als nutzen“. Wegen der Bedeutung dieser Veröffentlichung in der öffentlichen Wahrnehmung und den daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen, soll die Herangehensweise im Folgenden untersucht werden.

Sieg geht von denselben Wirkbeziehungen aus, wie sie in Abbildung 1 dargestellt sind. Der Nutzen besteht bei Sieg ebenfalls in der durch die Helmpflicht induzierten Erhöhung der Helmtragequote und damit in der Erhöhung des Nutzens, den das Tragen eines Helmes – ausgedrückt in Reduzierungen an Toten und Schwerverletzten nach Unfällen – bewirkt. Die Kosten ergeben sich zum einen aus dem Rückgang des Radverkehrs und damit einhergehenden Kosten für die Gesundheit und aus Verlagerungen des Radverkehrs auf andere Verkehrsmittel, insbesondere auf das Auto (Kosten sind hier z.B. ein höherer CO<sub>2</sub>-Ausstoß), wobei sich dadurch teilweise auch ein Nutzen durch ein verringertes Unfallrisiko ergeben kann. Die individuellen Kosten ergeben sich nach Sieg zum zweiten aus den Kosten für die (erzwungene) Anschaffung eines Fahrradhelms und aus der Monetarisierung der Einschränkung für die individuelle Freiheit.

Sieg verwendet für die Ableitung seiner Schlussfolgerung 44 Parameter. Dazu gehören alle in dieser Studie genauer untersuchten Werte wie das Quotenverhältnis (Odds Ratio) des Risikos einer schweren Kopfverletzung mit oder ohne Helm oder der erwartete Rückgang des Fahrradverkehrs nach Einführung der Helmpflicht. Für das Odds Ratio nimmt er allerdings nur einen Wert und keine Odds-Ratio-Funktion an und unterscheidet nicht zwischen Schwer- und Schwerstverletzten. Weiterhin berücksichtigt er keine Dunkelziffern. Zu den Parametern gehören daneben noch zahlreiche weitere Werte, wie die Kosten eines Helmes oder die mittlere Entfernung, die jeder Radfahrer in Deutschland im Jahr zurücklegt. Im Folgenden werden die Parameter, die Sieg benutzt, kurz vorgestellt und deren Wahl sowie die gewählten Algorithmen kommentiert.

In Deutschland wurden im Jahr 2008  $W=33 \times 10^9$  km in Summe Rad gefahren (Verkehr in Zahlen, 2012<sup>76</sup>). Sieg errechnet daraus eine durchschnittliche persönliche Jahresfahrradleistung von  $w=401$  km<sup>77</sup>. Als Helmtragequote übernimmt Sieg die Daten der Bundesanstalt für Straßenwesen abgeleitet (bast, 2014)  $q_H = 0,13$ <sup>78</sup>. Die Zahl der verunfallten Fahrradfahrer gibt Sieg mit 74.776 (2012) an. Davon sind  $F_g=406$  Getötete,  $F_s=13.854$  schwerer Verletzte und  $F_l = 60.516$  Leichtverletzte. Dunkelziffern nimmt Sieg nicht an.

Wie eben erwähnt ist ein Hauptparameter der Rückgangs des Radverkehrs  $r$ , kausal verursacht durch eine Helmpflicht. Sieg rekurriert für diesen Parameter auf die Veröffentlichung von Carpenter und Stehr (2011) (siehe Kap. 4.3.4, S. 159).

---

<sup>76</sup> Neueste Ausgabe: Verkehr in Zahlen (BMVI, 2014). Zahlen für 2012 dort (S. 222): Gesamtkilometer  $35,3 \times 10^9$ , davon Freizeit  $19,3 \times 10^9$ , Einkauf  $6,6 \times 10^9$

<sup>77</sup> Zum Vergleich: Aus MiD2008 errechnet sich ein Wert von 2805km, siehe 4.1.6, S. 138)

<sup>78</sup> Der Wert ist inzwischen im Jahr 2013 auf 0,15 angestiegen (bast, 2014).

Mit  $W_h$ , der gesamten gefahrenen Kilometer von Fahrradfahrern mit Helm nach Einführung der Helmpflicht und  $r$  dem Rückgang des Radverkehrs gilt nach Sieg:

$$W_h = W[q_h + (1 - q_h)(1 - r)] \quad (34)$$

Er geht dabei von der Annahme aus, dass Fahrradfahrer, die freiwillig einen Helm tragen, nicht nach der Einführung der Helmpflicht auf das Fahrradfahren wegen der Helmpflicht verzichten. Allerdings interpretiert er  $r$  als eine auf die Zahl der Nichthelmträger bezogene Zahl.

Die Fahrradfahrleistung mit Helmnutzung pro Jahr in Deutschland, die durch eine Fahrradhelmpflicht induziert wird, also das Mehr an mit Helm gefahrenen Kilometern errechnet sich nach Sieg zu:

$$W_{ind} = W(1 - q_h)(1 - r) \quad (35)$$

wobei Sieg davon ausgeht, dass nach der Einführung des Gesetzes alle Fahrradfahrer mit Helm fahren. Dies ist durchaus unrealistisch.

Sieg nimmt nun an, dass Fahrradfahrer ihr Transportbedürfnisse vollständig auf andere Verkehrsmittel verlagern, wenn sie durch eine Helmpflicht auf das Fahrradfahren verzichten. In dieser Annahme sind sportliche Aktivitäten mit dem Fahrrad offensichtlich vernachlässigt. Bei Annahme, dass sich die Gesamtfahrleistung für die ehemaligen Fahrradfahrer dadurch nicht ändert, ergibt sich eine verlagerte Fahrleistung  $W^S$ :

$$W^S = W(1 - q_h)r \quad (36)$$

Dementsprechend gilt nach Sieg für die mittlere individuelle jährliche verlagerte Fahrleistung:

$$w^S = w(1 - q_h)r \quad (37)$$

Welches Verkehrsmittel statt des Fahrrads gewählt wird, ergibt sich nach Sieg einerseits aus der Annahme, dass Verkehrsteilnehmer bestrebt sind, ihr „Zeitbudget“ konstant zu halten<sup>79</sup> und andererseits aus der Annahme, dass sich nach den durch die Helmpflicht induzierten Änderungen der Modal-Split der Nichtfahrrad-Mobilitäten nicht ändern wird. Daten des Rückgangs des Radverkehrs bei Jugendlichen in Neuseeland um 1995 (ob wegen der Helmpflicht verursacht oder nicht, siehe Kap. 4.3.1, S. 147) zeigen eine deutliche Veränderung des Modalsplits.

Das Zeitbudget errechnet Sieg aus Daten von Jahn und Krey (2010), wobei dort die Zahlen sich auf das Berliner Stadtgebiet beziehen. Die mittlere Fahrradgeschwindigkeit wird dort mit  $v_f=12,3\text{km/h}$  angegeben<sup>80</sup>, was zu jährlichem mittleren persönlichen Fahrradfahren von  $t_{f\_Jahr}=32,6$  Stunden führt<sup>81</sup>. Der Modalsplit wird mit  $ms_c=0,31$  (Anteil auf Autofahren),  $ms_b=0,26$  (ÖP) und  $ms_p=0,3$  (Fußgänger) aus Jahn und Krey (2010) abgeleitet. Jahn und Krey beziehen sich bei ihren veröffentlichten Werten auf SrV2008 (2010) und übernehmen dort Werte für den Modal-Split, ohne zu erwähnen, dass diese sich auf die durchschnittliche Anzahl der Wege und nicht auf die gefahrenen Kilometer

<sup>79</sup> Siehe Bemerkungen zu konstantem Zeitbudget in Kapitel 4.5, S. 192.

<sup>80</sup> Nimmt man die Zahlen des Deutschen Mobilitätspanels 2013 (Streit, Chlond, Vortisch, Kagerbauer, Weiss, & Zumkeller, 2014) kann man aus der mittleren täglichen Zeit im Verkehr mit 84 Minuten und einem Zeit-Anteil des Fahrradfahrens von 9,1% bei einer Fahrleistung von 547 km (errechnet aus der Gesamtkilometerzahl mit dem Entfernungsmodalsplit von 3,6% für das Fahrradfahren) auf  $v_f=11,8\text{ km/h}$  schließen.

<sup>81</sup> Nach Streit et al. (2014) ergeben sich 48 Stunden

beziehen. Da sich alle Berechnungen auf Kilometer und nicht auf Wege beziehen, ist die Wahl der Modalsplitwerte an dieser Stelle falsch <sup>82</sup>.

Da die Daten für den Modalsplit (wie Sieg annimmt) auf Entfernungen bezogen sind, muss Sieg diese in Zeitbedarf umrechnen und nutzt dazu folgende Annahmen über mittlere Fahr- und Laufgeschwindigkeiten: Geschwindigkeit von Fußgängern  $v_p=4,9\text{km/h}$ , Autofahrern  $v_c=24,9\text{km/h}$  und ÖV-Nutzern  $v_b=17,0\text{ km/h}$  <sup>83</sup>.

Mit den vorgestellten Werten berechnet Sieg die reziproke mittlere Geschwindigkeit der „Nicht-mehr-Fahrrad-fahrenden. Mit den Werten von Sieg ergibt sich daraus eine mittlere Geschwindigkeit von  $v_{\text{mittel}}=9,8\text{km/h}$  <sup>84</sup>. Daraus rechnet Sieg dann die substituierte jährliche Transportentfernung der „Nicht-mehr-Fahrrad-fahrenden“, von denen nach Sieg 113 km mit dem Auto, 95 km mit öffentlichen Verkehrsmitteln und 110 km zu Fuß zurückgelegt werden <sup>85</sup>.

#### 4.8.1 Sicherheitseffekt des Helmes

Die Kopfverletzungsquote (siehe Kap. 2.2.4, S. 35) ermittelt Sieg aus einer Veröffentlichung von (Richter, 2005). Nach Richter ist ein Faktor  $q_{\text{HU}}=49\%$  aller Fahrradunfälle mit einer Kopfverletzung verbunden, von denen  $q_{\text{pa}}=68\%$  sich auf Schädelregionen beziehen, die vom Helm geschützt werden können. Daraus berechnet Sieg die Quote

$$q_{\text{head}} = q_{\text{HU}} \cdot q_{\text{pa}} = 0,326\% \quad (38)$$

von Unfällen, die mit einem Helm potentiell verhindert werden können. Zur Quantifizierung der Kosten für Tod und Verletzung bezieht sich Sieg auf die Daten der WHO in Europa „*Health economic assessment tools (HEAT) for walking and for cycling*“ (Kahlmeier, et al., 2014). Er setzt die Kosten des Lebens  $\text{VSL}=1,574$  Millionen € ein. Der Wert ist etwas höher als der aktuell in Deutschland für den Wert des Lebens angesetzt wird und niedriger als der internationale Wert für Deutschland (siehe Kapitel 4.7.2.1, S. 192).

Bei den statistischen Kosten von Leicht- und Schwerverletzten bezieht sich Sieg auf die European Conference of Ministers of Transport EMCT (1998). Demnach liegt der Wert für eine schwere Verletzung bei  $S_s=0,13 \cdot \text{VSL}$  und für eine leichte Verletzung  $S_l=0,01 \cdot \text{VSL}$  (siehe 4.7.2.1, S. 192). Wir haben gezeigt, dass die Werte für die deutsche Berechnungsmethode anders sind. Die Definition von leicht und schwer entspricht dabei der des Statistischen Bundesamts. Die Schutzwirkung des Helmes setzt Sieg so an, dass der Helm die Verletzung jeweils eine Kategorie nach unten verändert. So wird durch den Helm der Tod in eine Schwerverletzung abgemildert, eine Schwerverletzung in eine leichte Verletzung und eine leichte Verletzung vermieden. Diese Annahme ist allerdings durch das Konzept des Odds Ratios nicht gedeckt (siehe Kapitel 2.2.1, S. 25).

<sup>82</sup> Die auf die Wege bezogenen Daten erhält man nach (SrV2008, 2010) durch Auswertung von Tabelle 16a:  $ms_c=0,44$  (Anteil auf Autofahren),  $ms_b=0,45$  (ÖV) und  $ms_p=0,04$  (Fußgänger),  $ms_f=0,07$  (Fahrrad). Diese weichen erheblich von den Daten der Wegeverteilung ab. Nimmt man nicht die Daten für Berlin, sondern ein gewichtetes Mittel aller untersuchten Städte ergibt sich für  $ms_b=0,31$  und  $ms_c=0,58$ .

<sup>83</sup> Daten aus Barcelona liefern  $v_c=23,5\text{km/h}$ ,  $v_f=14\text{km/h}$  Rojas-Rueda et al. (2012). Nach (Streit, Chlond, Vortisch, Kagerbauer, Weiss, & Zumkeller, 2014) ergibt sich  $v_p=4,1\text{ km/h}$ .

<sup>84</sup> Mit Einsetzen der korrekten auf die Weglänge bezogenen Modal-Split-Werten ergibt sich ein  $v_{\text{mittel}}=18,8\text{km/h}$ .

<sup>85</sup> Mit Einsetzen der korrekten auf die Weglänge bezogenen Modal-Split-Werten ergibt sich ein  $w_{\text{S\_auto}}=381\text{km}$ ,  $w_{\text{S\_ÖV}}=209\text{km}$ ,  $w_{\text{S\_Fuß}}=25\text{km}$ . Insbesondere die Weglänge zu Fuß weicht von den Berechnungen erheblich ab.

Sieg berechnet den monetären Nutzen  $N^h$  einer Welt, in der alle Fahrradfahrer mit einem Helm fahren bezogen auf die Welt in der kein Fahrradfahrer mit Helm fährt.

## 4.8.2 Auswirkungen des Rückgangs der Fahrradnutzung

Der angenommene Rückgang  $r$  der Fahrradnutzung aufgrund einer Helmpflicht hat Auswirkungen auf die Kosten (erhöhte Gesundheitskosten) aber auch Nutzen (Übergang auf ein sicheres Verkehrsmittel). Die Gesundheitskosten leitet Sieg mit Hilfe des „health economic assessment tools (HEAT) for walking and cycling“ (HEAT, 2015) ab.

Mit seinen Daten errechnet er eine Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens pro Kilometer mit  $h_f=1,05\text{€}$  und pro gelaufenen Kilometer  $h_p=2,5\text{€}$ . Aus den Daten errechnet Sieg die Kosten  $K_h$  für veränderte Gesundheitswirkungen.

Zu den Gesundheitskosten, verursacht durch verändertes Bewegungsverhalten, kommen nach Sieg Kosten bzw. Nutzen durch Übertrag der Verkehrsleistung der Nicht-mehr-Fahrradfahrer auf die anderen Verkehrsträger gemäß dem oben berechneten Verteilungsschlüssel. Der Nutzen ergibt sich dadurch, dass die anderen Verkehrsträger (bis auf Fußgänger) sicherer sind als Fahrradfahren. Um dies ausrechnen zu können benötigt man die Risikokennziffern der einzelnen Verkehrsträger. Sieg gibt folgende Zahlen an:  $r_b^u = 0,14$ <sup>86</sup>,  $r_c^u = 0,26$ <sup>87</sup>,  $r_p^u = 0,92$ <sup>88</sup>,  $r_f^u = 2,35$ <sup>89</sup>,  $r_b^g = 0,02$ <sup>90</sup>,  $r_c^g = 0,23$ <sup>91</sup>,  $r_p^g = 1,76$ <sup>92</sup>,  $r_f^g = 1,22$ <sup>93</sup>.

Die Kosten für die Verletzten errechnen sich nach Sieg über  $S_m = 0,027 \text{ VSL}$ . Aus den oben genannten Risiken resultieren Unfallkosten pro Kilometer Fahrleistung, die sich für jeden der vier Verkehrsträger darstellt als.

Mit den Zahlen von Sieg ergibt sich ein Wert für den Nutzen des Rückgangs des Radverkehrs von  $N_n = 122 \text{ Millionen €}$ . Setzt man die von den Autoren dieser Studie korrigierten Werte für den Modalsplit und für VSL ein, ergibt sich ein Nutzen von  $N_n = 340 \text{ Millionen €}$ .

## 4.8.3 Umweltkosten durch mehr Autonutzung

Der Übergang auf eine private Autonutzung erzeugt nach Sieg externe Kosten, die er mit  $c_c = 3,14 \text{ cent/km}$  festlegt<sup>94</sup>. Daraus ergeben sich zusätzliche Kosten zu:

$$K_e = c_c \cdot W_c^S = 11,48 \text{ Millionen €} \quad (39)^{95}$$

<sup>86</sup> Unfälle im ÖV (eigentlich nur Bus) pro 1 Millionen Personenkilometer

<sup>87</sup> Unfälle im MIV pro 1 Millionen Personenkilometer

<sup>88</sup> Unfälle für Fußgänger pro 1 Millionen Personenkilometer

<sup>89</sup> Unfälle für Fahrradfahrer pro 1 Millionen Personenkilometer

<sup>90</sup> Tote im ÖV (eigentlich nur Bus) pro 100 Millionen Personenkilometer. 0,01 nach (ADAC, 2014).

<sup>91</sup> Tote im MIV pro 100 Millionen Personenkilometer. 0,21 nach (ADAC, 2014)

<sup>92</sup> Tote für Fußgänger pro 100 Millionen Personenkilometer. 1,6 nach (ADAC, 2014)

<sup>93</sup> Tote für Fahrradfahrer pro 100 Millionen Personenkilometer.

<sup>94</sup> Werte aus (Umweltbundesamt, 2007)

<sup>95</sup> Eliminiert man die Rechenfehler von Sieg und die falschen Modal-Split-Annahmen ergibt sich ein Wert von 26 Millionen €.

#### 4.8.4 Komfortverlust

Als weitere Kosten führt Sieg die Kosten auf, die dadurch entstehen, dass ein Fahrradfahrer das Fahren mit dem Fahrradhelm nicht mag und deshalb einen Wertverlust erleidet, wenn er gezwungen wird, mit dem Helm zu fahren. Diesen Wertverlust kann man in monetäre Werte überführen, wenn man einen homo oeconomicus annimmt und aus der Zahlungsbereitschaft auf die subjektiven Kosten schließt. Diese Kosten errechnet Sieg nun aus dem Verhalten von Fahrradfahrern, die nur gelegentlich den Helm nutzen. Er nimmt an, dass diese Fahrer den Helm aus Komfortgründen nicht tragen, sich aber der dadurch entstandenen Risiken bewusst sind. Sie wägen also Kosten und Risiken gegeneinander ab und entscheiden, dass der Nutzen (Komfortgewinn) die Risiken (Gefahr für Leib und Leben) aufwiegt. Letztere sind nach Sieg aber genau mit dem oben berechneten Nutzen des Helmes aus seiner Protektionswirkung identisch, reduziert um einen Faktor, der abbildet, dass die Fahrradfahrer den monetären Nutzen des Fahrradhelmschutzes nicht genau kennen und unterschätzen. Mit der Annahme, dass die gelegentlichen Helmnutzer den Helm zu  $q_m = 50\%$  aller Fahrkilometer nutzen, dem Gesundheitswirkungsunterschätzfaktor  $c_i=0,6$  und den in Gl. (40) berechneten Werten für den auf den Kilometer bezogenen Nutzen des Helmtragens, kommt er auf den monetären Komfortverlust des Helmtragens für die „Ungern-Helm-Träger“ pro km:

$$u_l = c_i \cdot q_m \cdot V_{km}^h = 0,00625 \text{ €/km} \quad (40)$$

Und damit auf den gesamten Komfortverlust

$$K_g = u_l \cdot W_{ind} = 171 \text{ Millionen €} \quad (41)$$

#### 4.8.5 Kosten für die Helme

Sieg errechnet die Kosten für einen Helm aus dem Mittelwert zwischen dem billigsten Helm und einem mittleren Verkaufspreis der 12 bei Amazon höchstgehandelten Helme. Mit dem Argument, dass die Mehrwertsteuer von 19 % keine Sozialkosten darstellen, zieht er diese ab und kommt auf einen Wert eines Helmes  $C_H=27,62 \text{ €}$ . Die Lebensdauer eines Helmes setzt er auf  $l_H= 5$  Jahre. Um auszurechnen, wie viele Fahrradfahrer einen Helm kaufen müssen, um bei einer Helmpflicht nicht mit dem Gesetz in Konflikt zu kommen, geht er von der Annahme aus, dass alle die Fahrradfahrer, die nicht wenigstens gelegentlich einen Helm tragen, einen kaufen müssen. Die Daten über die Anzahl der Fahrradfahrer, die regelmäßig einen Helmtragen ( $q_i=0,14$ ) und die gelegentlich einen Helm tragen ( $q_g=0,094$ ) leitet Sieg aus (Ritter & Vance, 2011) ab<sup>96</sup>. Mit der angenommenen Anzahl von Fahrradfahrern in Deutschland  $B_f=73$  Millionen erhält er dann die Gleichung für die Kosten des Helmkaufs:

$$K_m = B_f \cdot (1 - q_i - q_g) \cdot \frac{C_H}{l_H} = 315 \text{ Millionen €} \quad (42)^{97}$$

#### 4.8.6 Gesamtbewertung

Sieg hat nun alle Bestimmungsgrößen zusammen, um das Nutzen-Kosten-Verhältnis (BCR= Benefit-Cost Ratio) der Einführung einer Helmpflicht zu berechnen:

<sup>96</sup> In der repräsentativen Befragung im Fahrradmonitor 2013 (Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH, 2013) geben nur 51% der befragten Fahrradfahrer an, dass sie den Helm nie nutzen.

<sup>97</sup> Geht man nach (Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH, 2013) von nur 46,8 Millionen Fahrradfahrern und einem Anteil von Nicht-mit-Helm-Fahrenden von 51% aus, ergeben sich Kosten von 132 Millionen €

$$BCR = \frac{N_f + N_n}{K_m + K_e + K_g + K_h} = 0,72 \quad (43)$$

Daraus schließt Sieg dann, dass die Einführung einer Helmpflicht eine Verschwendung von Ressourcen ist. Sieg führt noch einige Sensitivitätsanalysen durch, in denen er die wichtigsten Parameter variiert. In fast allen Fällen kommt er zu BCR-Werten kleiner 1, was ihn in seiner Schlussfolgerung bekräftigt.

#### 4.8.7 Kritik

Die Veröffentlichung von Sieg ist der erste Versuch, für Deutschland die Folgen der Einführung einer Helmpflicht quantitativ monetär zu belegen. Die Ausführungen sind sehr detailliert und ausführlich. Allerdings unterlaufen Sieg einige systematische Fehler (und ein paar Rechenfehler), die Zweifel an dem Endergebnis aufkommen lassen.

1. Die Modalsplit-Daten von Jahn und Krey (2010) werden missinterpretiert. Dadurch wurde der Modalsplit-Anteil Fußgänger über Maß bewertet. Die Korrektur zum richtigen Modalsplit führt dazu, dass der Nutzen des vermehrten zu Fuß Gehens geringer wird. Gleichzeitig wird der Nutzen dadurch reduziert, dass die Fahrradfahrer auf statistisch sichere Verkehrsmittel (ÖV, PKW) übergehen.  
Insgesamt erscheint der Ansatz des konstanten täglichen Zeitbudgets vor dem Hintergrund der daraus resultierenden um 43 % erhöhten Transportmenge unwahrscheinlich (siehe Ausführungen in 4.5, S. 181).
2. Problematisch ist die Wahl des VSL. VSL ist eine entscheidende Größe, die die Break-Even-Analyse stark beeinflusst. Sieg wählt weder den amtlich deutschen Wert noch den amtlich internationalen Wert.
3. In seiner Analyse schwankt Sieg in der Interpretation des Faktors der Risikoreduktion (bei Sieg rr). Einmal setzt er rr mit OR (Odds Ratio) gleich. In einer anderen Gleichung wird rr als 1-OR interpretiert. Da er rr=0,5 setzt, hat das in der Berechnung zunächst keine Auswirkungen. In seiner Sensitivitätsanalyse kommt er dann aber zu dem Ergebnis, dass eine höhere Risikoreduzierungs Wirkung des Helmes das Nutzen-Kosten-Verhältnis verschlechtert.
4. Angezweifelt muss ferner die Berechnung der Kosten für den Helmkauf werden. Sieg geht dabei von einerseits zu vielen Fahrradfahrern aus und übersieht, dass nicht alle Deutschen, die ein Fahrrad haben auch Fahrrad fahren. Andererseits setzt er nach Ansicht der Autoren den Anteil der Nichthelmfahrer zu hoch an. Zudem wird nicht berücksichtigt, dass Radfahrer einen Helm besitzen, ohne ihn zu nutzen. Dadurch werden die Kosten für die Fahrradhelmbeschaffung wesentlich zu hoch kalkuliert.
5. Die Annahme, dass durch den Helm vermiedene Tote zu Schwerverletzten und vermiedene Schwerverletzte zu Leichtverletzten werden, ist durch das OR-Konzept nicht abgedeckt.
6. Die Berechnung der Kosten für den Komfortverlust erscheint nicht plausibel. Der Stand der Forschung lässt noch keine gesicherten Aussagen zu. Generell erscheint es willkürlich, nur diese subjektiven Kosten in die Berechnung einzubeziehen.

Eliminiert man in der Siegschen Berechnung die falsche Annahme des Modal-Splits, korrigiert die Gleichungen bezüglich des teilweise falsch interpretierten rr und setzt für VSL den von der WHO für Deutschland festgesetzten Wert von 4,23 Millionen Euro ein, erhält man ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von BCR=1,349. Für diesen Fall kann man einen Break-Even-Wert für den Rückgang der Fahrradnutzung r von 9 % errechnen. Bei diesem Wert würden sich gemäß des Siegschen Ansatzes die Kosten und der Nutzen einer Fahrradhelmpflicht die Waage halten. Wenn man in der Berech-

nung von BCR noch den Komfortverlust weglässt, ergibt sich ein  $BCR=2,44$  (Break-Even bei  $r=15\%$ ). Selbst bei der Annahme eines deutschen Wertes für das VSL, ergibt sich dann noch ein positives BCR.

Nach den Ansätzen von Sieg ergibt sich (bei korrekter Berechnung), dass mit der Einführung einer Helmpflicht in Deutschland eine positive monetäre Bilanz zu erwarten ist.

Die Berechnungen von Sieg gehen in den Grundannahmen von denselben Grundkausalitäten wie die in dieser Studie erarbeiteten aus; die Berechnungsvorschriften sind aber teilweise verschieden.

## 5 Helmpflicht im Vergleich

### 5.1 Anderer Maßnahmen als der Helm zur Erhöhung der Verkehrssicherheit von Radfahrern

Um das Ziel der Vision Zero im Radverkehrsbereich zu erreichen, bedarf es einer Vielzahl von Maßnahmen in allen Handlungsbereichen. Dabei sind insbesondere die Instrumente in den Bereichen Verkehrsverhalten, Infrastruktur, Fahrzeuge, Recht und Enforcement von Bedeutung.

Maßnahmen zur Erhöhung der Helmtragequote sind Bestandteil umfangreicherer Maßnahmenpakete zur Verbesserung der Verkehrssicherheit. In diesem Bericht ist die Betrachtung anderer Verkehrsicherheitsmaßnahmen insofern von Belang, weil die Verkehrsicherheitsmaßnahme „Einführung einer Helmpflicht“ nur gerechtfertigt ist, wenn nicht mit weniger Aufwand oder einem weniger starkem Eingriff in die individuelle Entscheidungsfreiheit ein vergleichbarer oder höherer Effekt erzielt werden kann. Ein rechtlicher Zwang ist nur zu rechtfertigen, wenn es kein milderer Mittel zur Zielerreichung gibt.

Ein Maß für die Feststellung der Mildheit können die möglichen Kosten im Vergleich zum Nutzen sein. Die Mildheit kann aber auch über die politische Durchsetzungsfähigkeit oder die Akzeptanz in der Bevölkerung operationalisiert werden. Wir betrachten im Weiteren rein die monetären Aspekte. Häufig wird das Nutzen-Kosten-Verhältnis (BCR) als Maß der Effizienz einer Maßnahme zur Beurteilung herangezogen. Für den Vergleich verschiedener Maßnahmen ist allerdings auch der Vergleich der Nutzen-Kosten-Differenz, also die Effektivität notwendig. Maßnahmen die sehr hohe BCR aber nur eine lokale Wirkung und damit einhergehend einen kleinen Nettonutzen haben, sind zwar nützlich aber u. U. für die Gesamtverkehrssicherheit nur von untergeordneter Bedeutung. Sie sind effizient aber nicht effektiv.

Es sind sehr viele Maßnahmen denkbar, die zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit im Radverkehr führen können. Tabelle 76 fasst einige Maßnahmen zur Verringerung von Radfahrunfällen zusammen, die vom ADFC vorgeschlagen wurden. Von einigen dieser Maßnahmen werden die Kosten und Sicherheitseffekte vorgestellt. Es wurden nur diejenigen Maßnahmen weiter analysiert, die bereits in der Praxis Anwendung gefunden haben und Daten für eine Evaluation zur Verfügung stehen. Hierzu wird vorrangig auf verfügbare Metaanalysen, Reviews und Kosten-Nutzen-Analysen (KNA) zurückgegriffen. Es werden ferner die Rahmenbedingungen in den Ländern, in welchen die entsprechenden Maßnahmen eingeführt sind, betrachtet, um eine Vergleichbarkeit mit Deutschland zu prüfen.

Leider gibt es keine Veröffentlichungen, die die Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit in einen gesamtwirtschaftlichen Rahmen (monetäre Bewertung) stellen. Das macht den Vergleich zu den in diesem Bericht durchgeführten Berechnungen zum monetären Nutzen der Einführung einer Helmpflicht in Deutschland unmöglich. Problematisch ist auch, dass bei vielen sicherheitserhöhenden Maßnahmen der spezielle Bezug zu der Radverkehrssicherheit fehlt. Die folgende Darstellung kann deshalb nicht als Grundlage einer präzisen Berechnung, sondern nur einer sehr groben Abschätzung herangezogen werden.



Tabelle 76: Vom ADFC vorgeschlagene Maßnahmen zur Verringerung von Radfahrunfällen.

| <b>Art der Maßnahmen</b>                                                                | <b>Maßnahme</b>                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Infrastrukturmaßnahmen                                                                  | Trennung von Fahrrad- und Kfz-Verkehr                                                                                 |
|                                                                                         | bessere Gestaltung von Radverkehrsanlagen an Kreuzungen                                                               |
|                                                                                         | Beseitigen von Sichthindernissen an Knotenpunkten und Ein- und Ausfahrten                                             |
|                                                                                         | Beseitigung von Schäden und Hindernissen auf Radwegen                                                                 |
|                                                                                         | Maßnahmen zur Geschwindigkeitsreduzierung im Kfz-Verkehr                                                              |
| Fahrerassistenzsysteme                                                                  | Abbiegeassistent/ Totwinkelassistent für LKW und PKW                                                                  |
|                                                                                         | vorausschauender Notbremsassistent                                                                                    |
| Rechtliche und Enforcement-Maßnahmen                                                    | Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h als Regelgeschwindigkeit innerhalb geschlossener Ortschaften                        |
|                                                                                         | Räum-und Streupflicht (Winterdienst) für Radverkehrsanlagen                                                           |
|                                                                                         | Stärkere Kontrolle des ruhenden Verkehrs an Kreuzungen zur Verbesserung der Sichtbeziehungen (§ 12 Abs. 3 Nr. 1 StVO) |
|                                                                                         | Verstärkte Kontrollen der Falschparker in kritischen Bereichen                                                        |
|                                                                                         | Einführung eines gesetzlichen Gefahrgrenzwerts von 1,1 Promille als Bußgeldtatbestand (Fahrradfahrer)                 |
| Maßnahmen zur Beeinflussung des Verkehrsverhaltens der verschiedenen Verkehrsteilnehmer | Kampagnen gegen Fahren auf Radwegen entgegen der Fahrtrichtung                                                        |

### 5.1.1 Infrastrukturmaßnahmen

Infrastrukturmaßnahmen können darauf abzielen, die Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer zu reduzieren, die Sichtbeziehungen zwischen den Verkehrsteilnehmenden zu verbessern oder auf andere Weise sichereres Fahren zu ermöglichen. Tabelle 77 gibt einen Überblick über Kosten und Nutzen bereits evaluierter Maßnahmen.

Cavegn, Ewert und Allenbach (2010) schreiben Infrastrukturmaßnahmen in der Schweiz einen sehr großen Nutzen zu. Sie beurteilten Road Safety Inspections<sup>98</sup>, die Instandsetzung von Unfallschwer-

<sup>98</sup> Bestandsprüfung einer bereits bestehenden Straße zur Eliminierung von Unfallrisiken

punkten und Road Safety Audits<sup>99</sup>. So könnten durch diese Maßnahmen innerhalb von 10 Jahren pro Jahr bis zu 40 Verkehrstote und 500 schwer Verletzte gerettet werden. Bei der Gegenüberstellung des volkswirtschaftlichen Nutzens mit den Kosten der Maßnahmen zeigte sich ein Nutzen-Kosten-Verhältnis (BCR) von 3,2. Allerdings geht es in der Untersuchung nicht vornehmlich um Fahrradfahrer. Eine differenzierte Betrachtung nach Verkehrsträger wurde nicht vorgenommen.

Die BAST (2002) evaluierte die Zweckmäßigkeit von Road Safety Audits (dt.: Sicherheitsaudits) für Deutschland. Dabei prüfte sie in einem Pilotaudit an einer zweispurigen Kreuzung mit Lichtsignalanlage, wie viele Unfälle in einem bestimmten Zeitraum hätten vermieden werden können, wären die Auditempfehlungen vor dem Bau der Kreuzung umgesetzt worden. Die Verrechnung der Kosten für das Audit und der Maßnahmen zur Umsetzung der Auditempfehlungen mit den Einsparungen an Unfallkosten führte zu einem BCR von 37 bis 99. Je nach Ausmaß der Umplanungen, die auf Grundlage der Empfehlungen nach einem Audit durchgeführt werden müssen, kann das BCR stark schwanken. Die BAST (2002) dokumentiert aufgrund ihrer durchgeführten Pilotaudits und Befunden aus dem Ausland, dass der Nutzen die Kosten weit übersteigt. Auch hier gibt es allerdings keinen speziellen Bezug zum Fahrradfahren. Allerdings belegen bundesweite Ergebnisse von Verkehrssicherheitsaudits, dass bei Planungen an innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen ein erheblicher Teil der von unabhängigen Experten festgestellten Sicherheitsdefizite (40%) den Radverkehr betrafen<sup>100</sup>.

Die FGSV (2001, zitiert nach ROSEBUD, 2005) führte eine KNA von Temposchwellen und Fahrbahnverengungen in Wohngebieten für Deutschland durch. Das BCR lag bei 17. Ein spezieller Bezug zum Fahrradfahren ist auch hier nicht vorhanden.

Im Rahmen des Projektes PROMISING wurden KNAs von Maßnahmen für ungeschützte Verkehrsteilnehmer durchgeführt (TRL, 2001). Es wurden Radfahrstreifen auf der Straße und vorgezogene Haltelinien, auch aufgeweitete Radaufstellstreifen (ARAS) an Kreuzungen evaluiert. ARAS sind an Kreuzungen vor den Kfz platzierte Bereiche, in denen Radfahrer während der Rotphase warten können (siehe Abbildung 111). Für erstere wurde eine Reduktion der Fahrradunfälle um 10 % und der Unfälle anderer Verkehrsteilnehmer um 30 % angenommen. Mit Einbeziehung der Kosten für die Markierungen und den Zeitverlust für die Kfz-Fahrer ergab sich ein BCR von 3,07. Für ARAS wurden Werte von 25 % (Reduktion Fahrradunfälle) und 50 % (Reduktion Unfälle anderer Verkehrsteilnehmer) vermutet; es ergab sich ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 3,85. Die berechneten BCR gelten für Norwegen. Das TRL (2001) stellt Umrechnungsfaktoren für verschiedene Länder zur Verfügung, welche auf Vergleichen von Unfallkosten und Korrekturfaktoren für unterschiedliche Preisniveaus basieren, jedoch nur als grobe Orientierung dienen sollen. Unter Nutzung des Faktors für Deutschland berechnet sich für Radfahrstreifen ein BCR von 2,25 und für ARAS von 2,82.

---

<sup>99</sup> Systematische Untersuchung des Sicherheitsstandards einer Straße während der Planungsphase.

<sup>100</sup> Zahlen aus Nationaler Radverkehrsplan 2020, (BMVBS, 2012), Seite 31.



*Abbildung 111: ARAS zum Warten der Radfahrer während einer Rotphase in Portland, Oregon (Dill et al., 2012)*

Für alle obigen Beispiele gilt allerdings, dass die Maßnahmen immer nur lokal wirken. Jede Infrastrukturmaßnahme wirkt in der Regel nur auf einen begrenzten Teil des Fahrradverkehrs, so dass zwar der Nutzen der einzelnen Maßnahmen die Kosten überschreiten, dies auf den Gesamtverkehr bezogen aber nur eine kleine Wirkung hat. Um eine größere Wirkung zu erreichen sind größere Programme zur Verbreitung sicherer Standards und zur Anwendung des Standes der Technik erforderlich wie sie Baden-Württemberg im Zuge des RadNETZ implementiert.

In der Regel zielt die Bewertung Infrastrukturmaßnahmen auf, Pkw/Lkw-Fahrrad-Unfälle ab. Auf welche Weise Alleinunfälle mit Infrastrukturmaßnahmen verhindert werden können, ist bisher noch nicht systematisch untersucht worden.

Tabelle 77: Kosten und Nutzen von Infrastrukturmaßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit

| <b>Maßnahme</b>                                                                | <b>Sicherheitseffekte</b>                                                                                                                                  | <b>Kosten</b>                                                                                                                                                                                          | <b>BCR</b>            | <b>Land</b>                     | <b>Autor, Jahr</b>        |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Safety Inspections, Instandsetzung von Unfallschwerpunkten, Road Safety Audits | innerhalb von 10 Jahren pro Jahr bis zu 40 Verkehrstote und 500 schwer Verletzte weniger                                                                   | Alle verwendeten oder nicht mehr für andere Zwecke zur Verfügung stehenden Ressourcen, z. B. für Forschung und Entwicklung, Öffentlichkeitsarbeit, technische Ausrüstung, Personal, Unterhalt, Wartung | 3,2                   | Schweiz                         | Cavegn et al., 2010       |
| Road Safety Audits                                                             | Unfallreduktion: 70 %                                                                                                                                      | Auditor, Umplanungen                                                                                                                                                                                   | 37-99                 | Deutschland                     | bast, 2002                |
| Temposchwellen                                                                 | Unfallreduktion: 40 %                                                                                                                                      | Entwicklung und Installation<br>Zeitverlust                                                                                                                                                            | 2-4                   | Israel                          | Gitelman und Hakert, 2005 |
| Woonerfs und Temposchwellen                                                    | Reduktion schwerer und tödlicher Unfälle: 38 %                                                                                                             | Entwicklung und Installation<br>Zeitverlust                                                                                                                                                            | 1,14                  | Griechenland, Athen             | Yannis&Evgenikos, 2005    |
| Baulich erhöhte Radfahrwege auf Kreuzungen mit farblicher Kennzeichnung        | Einschätzung Sicherheitseffekte<br>- Experten: 30 % Verbesserung<br>- Radfahrern: 20 % Verbesserung<br><br>geschätzte Reduktion des Unfallrisikos: 10-50 % | Erbauung                                                                                                                                                                                               | NA                    | Schweden, Göteborg              | Garder et al., 1998       |
| Radfahrstreifen                                                                | Unfallreduktion                                                                                                                                            | Markierungen<br><br>Zeitverlust für andere Verkehrsteilneh-                                                                                                                                            | 3,07 (für Dtl.: 2,25) | Norwegen (Umrechnungsfaktor für | TRL, 2001                 |

| <b>Maßnahme</b> | <b>Sicherheitseffekte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Kosten</b>                                             | <b>BCR</b>               | <b>Land</b>                                     | <b>Autor, Jahr</b> |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
|                 | -Radfahrer: 10 %<br>- sonst. Verkehrsteilnehmer: 30 %                                                                                                                                                                                                                                                       | mer                                                       |                          | Deutschland)                                    |                    |
| ARAS            | Unfallreduktion<br>-Radfahrer: 25 %<br>- sonst. Verkehrsteilnehmer: 50 %                                                                                                                                                                                                                                    | Markierungen<br>Zeitverlust für andere Verkehrsteilnehmer | 3,85 (für<br>Dtl.: 2,82) | Norwegen (Umrechnungsfaktor für<br>Deutschland) | TRL, 2001          |
| ARAS            | Einschätzung durch Radfahrer:<br>Steigerung der Sicherheit um 77 %<br><br>Einschätzung durch Autofahrer:<br>Erhöhung der Aufmerksamkeit um 52 %<br><br>Videoauswertung:<br>- Rückgang der Konfliktsituationen<br>- Anstieg des Gewährens der Vorfahrt<br>für Radfahrer durch rechtsabbiegende<br>Autofahrer | NA                                                        | NA                       | USA, Portland                                   | Dill, 2012         |

*Anmerkung.* NA = nicht verfügbar.

## 5.1.2 Fahrerassistenzsysteme

Zusätzliche Fahrerassistenzsysteme können die Sicherheit für Radfahrer erhöhen. Die Wirkung auf die Verkehrssicherheit der Radfahrenden kann für die meisten Systeme aufgrund fehlender Anwendungserfahrung bisher nur theoretisch und nicht anhand realer Unfallvermeidungseffekte ermittelt werden.

Hummel, Kühn, Bende und Lang (2011) betrachteten Daten aus der Unfalldatenbank des Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) und verglichen Unfallabläufe mit theoretischen Unfallabläufen mit einem Fahrerassistenzsystem. So konnten sie das theoretische und tatsächlich realisierbare Sicherheitspotenzial (theoretisches Potenzial multipliziert mit Faktoren wie Fahrerreaktion und Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle) eines Systems berechnen.

Näher betrachtet wurde unter anderem ein Notbremssystem. Dieses kann aus der Art der Betätigung der Pedale eine Notsituation identifizieren und baut dann die maximale Bremskraft auf. Es hat eine Umfelderkennung und warnt 2,6 s vor einer potentiellen Kollision. Werden Fußgänger oder Radfahrer erkannt, warnt das System nicht, sondern führt 0,5 s vor der Kollision eine Vollbremsung durch. Bezogen auf alle Pkw-Unfälle berechneten Hummel et al. (2011) ein realisierbares Sicherheitspotential von 37,7 %. Wurden nur Pkw/Radfahr-Unfälle betrachtet, lag dieses sogar bei 45,4 %. Dabei wurde das Vermeidungspotential ausschließlich für Leicht- und Schwerverletzte, nicht jedoch für Getötete ermittelt. Da nur Unfälle an der Fahrzeugfront einbezogen wurden, ist das maximale erreichbare Potential noch höher. Die Kosten für die Implementierung des Systems wurden nicht erwähnt und damit auch kein BCR berechnet.

Darüber hinaus gibt es einige Konzepte und Prototypen beispielsweise Abbiege- und Bremsassistenten zur Vermeidung von Rechtsabbiegeunfällen insbesondere mit Lkw sowie Assistenzsysteme die Unfälle durch sich öffnende Kfz-Türen vermeiden sollen.

In ca. 20 % aller Unfälle mit Güterkraftfahrzeugen (LKW) kommen ungeschützte Verkehrsteilnehmer (Radfahrer oder Fußgänger) zu Schaden. Diese Unfälle gehören zwar nicht zu den häufigsten, aber zu den gefährlichsten, da sie zumeist mit einer schweren oder gar tödlichen Verletzung der ungeschützten Verkehrsteilnehmer einhergehen. Jedes Jahr sterben in den EU-25 Ländern geschätzte 1.100-1.400 ungeschützte Verkehrsteilnehmer bei einem Unfall mit einem Lastkraftwagen (Feist, 2009). So werden in 62 % der Fälle die schwächeren Verkehrsteilnehmer überrollt, wobei in 80 % der Fälle der LKW-Fahrer der Hauptverursacher ist. Ursache ist in erster Linie ein eingeschränktes Sichtfeld – Radfahrer oder Fußgänger werden schlicht übersehen. Die schwersten Unfälle von LKW und Fahrrad ereignen sich im Kreuzungsbereich beim Rechtsabbiegen des LKW (Feist, 2009).

Seit ca. 10-15 Jahren wird an der Entwicklung solcher Abbiegeassistenten geforscht und entwickelt. In dem von der EU-Projekt INTERSAFE II (Roessler & Fuerstenberg, 2010) in den Jahren 2008 bis 2011 wurden die Möglichkeiten der Unfallvermeidung an Kreuzungen mit Unterstützung von fahrzeugseitigen Sensoren unterschiedlicher Art untersucht. Der Schwerpunkt des sehr breit angelegten Projektes lag an der Datenfusion von Radar-, Ultraschall-, Video- und LIDAR/Laser-Sensoren sowie die Einbindung von Infrastruktur-Informationen, wie z.B. die aktuelle Ampelschaltung. Der LKW-Abbiegeassistent "Ultrasonic Guard System" von MAN erfasste den Nahbereich um das Fahrzeug mit Ultraschallsensoren, und warnte den Fahrer mittels optischer und akustischer Signale in potenziellen Gefahrensituationen. Der Erfolg des Systems hängt jedoch von der Erfüllung bestimmter Randbedingungen ab, so dass viele potenziell kritischen Situationen nicht abgedeckt werden können: 1) Die

Reichweite ist auf einen Radius von ca. 2 m begrenzt, und 2) das System aktivierte sich erst beim Fahrzeugstillstand. Die Systementwicklung ist allerdings eingestellt. Hummel et al. (2011) identifizieren ein theoretisches Potential bezüglich aller Lkw-Fahrrad-Unfälle von ca. 43 %.

Seit 2016 bietet Daimler als erster Lkw-Hersteller einen Abbiegeassistenten als Zubehör an, der Unfälle zwischen rechtsabbiegenden Lkw und Radfahrern und Fußgängern verhindern soll.

Hypothetische Überlegungen über den Einfluss eines Notbremssystems für Australien wurden vom BITRE (The Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics) durchgeführt (2014). Die Behörde sagt zukünftige Unfallzahlen unter Einbeziehung von Populationswachstum und ökonomischem Wachstum sowie geplanten Maßnahmen zur Reduktion von Unfallzahlen vorher und vergleicht dieses Basismodell mit einem Szenario, in welchem bis 2020 alle Leichtkraftfahrzeuge (verpflichtend) ein Notbremssystem zur Erkennung ungeschützter Verkehrsteilnehmer implementiert haben. Notbremssysteme haben laut Thatcham (2015) das Potenzial, 20 % aller Unfälle bei geringer Geschwindigkeit (bis 40 km/h) zu reduzieren. In diesem Geschwindigkeitsbereich wäre das System am effektivsten, da hier mehr als 75 % aller Unfälle geschehen. Bei höheren Geschwindigkeiten würde die Unfallschwere verringert werden.

Im Basismodell von BITRE (2014) beziffert sich die Reduktion der Unfälle bis 2033 auf 8,3 %. Analysen von Collette (2013, zitiert nach BITRE, 2014) zeigen, dass eine Unfallreduktion bis 27 % möglich wäre. Andersen, Doecke, Mackenzie und Ponte (2013, zitiert nach BITRE, 2014), die Unfälle rekonstruierten und Simulationen verschiedene Notbremssysteme durchführten, sprechen von einer Reduktion tödlicher Unfälle von 20-25 % und von Unfällen mit Verletzten von 25-35 %. BITRE (2014) beziffern die Kosten für die Implementierung des Systems auf etwa 1000 Euro pro Fahrzeug. Damit berechneten sie ein BCR von 1,3. Eine gesonderte Betrachtung der Wirkung auf Fahrradfahrerunfälle wurde allerdings nicht durchgeführt.

### 5.1.3 Rechtliche und Enforcement-Maßnahmen

Rechtliche Maßnahmen sowie die Verstärkung von Enforcement-Maßnahmen werden hier gemeinsam betrachtet, da sie teilweise miteinander verknüpft sind.

Die häufigsten Unfallursachen mit Pkw-Fahrern als Unfallverursacher sind nach Hautzinger et al. (2011) Geschwindigkeitsverstöße, Nichtbeachtung der Vorfahrt, Abbiegefehler und Fahren unter Alkoholeinfluss. Eine Möglichkeit, diese zu reduzieren, liegt in der Beeinflussung des Verhaltens über die Androhung von Strafen oder Sanktionen. Tabelle 78 gibt eine Übersicht über eine Auswahl von Maßnahmen und ermittelte Nutzen-Kosten-Verhältnisse.

Es ist noch eine Vielzahl anderer Maßnahmen denkbar. Insgesamt gibt es die Problematik, dass die überwiegende Zahl der Maßnahmen zwar die Verkehrssicherheit insgesamt erhöhen, sie aber nicht gezielt auf die Erhöhung der Verkehrssicherheit des Radverkehrs ausgelegt sind, letzterer ist nur ein „Nebenprodukt“. Es fehlt also die für eine Gesamtbetrachtung notwendige Einordnung in die Fahrradgesamverkehrssicherheit.

Tabelle 78: Kosten und Nutzen von rechtlichen und Enforcement-Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit (Auswahl).

| <b>Maßnahme</b>                                     | <b>Sicherheitseffekte</b>                                                                                    | <b>Kosten</b>                                                                                                                                                                                          | <b>BCR</b> | <b>Land</b>                                                       | <b>Autor, Jahr</b>  |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Einbau einer Blackbox bei Geschwindigkeitstärtern   | In den ersten 10 Jahren durchschnittlich 0-3 weniger Verkehrstote und 10-20 weniger Schwerverletzte pro Jahr | Alle verwendeten oder nicht mehr für andere Zwecke zur Verfügung stehenden Ressourcen, z. B. für Forschung und Entwicklung, Öffentlichkeitsarbeit, technische Ausrüstung, Personal, Unterhalt, Wartung | 1,9        | Schweiz                                                           | Cavegn et al., 2010 |
| Alkoholwegfahrsperre                                | In den ersten 10 Jahren durchschnittlich 0-5 weniger Verkehrstote und 30-40 weniger Schwerverletzte pro Jahr |                                                                                                                                                                                                        | 1          | Schweiz                                                           | Cavegn et al., 2010 |
| Abschnittskontrolle                                 | 30 % weniger leichte Unfälle                                                                                 | Konstruktion und Wartung des Systems                                                                                                                                                                   | 5          | Österreich                                                        | Stefan, 2005        |
| Radarfallen                                         | Reduktion der Unfälle mit Verletzten: 20 %<br><br>Reduktion der Unfälle auf Straßen bis 50 km/h: 15 %        | Konstruktion und Wartung des Systems                                                                                                                                                                   | 7,95       | Norwegen                                                          | Elvik, 1997         |
| Radarfallen                                         | Unfallreduktion: 17 %                                                                                        |                                                                                                                                                                                                        |            | Norwegen, Deutschland, Australien, Schweden, England, Niederlande | Elvik, 1997         |
| Verstärkung Enforcement Alkohol und Geschwindigkeit | Reduktion schwerer Unfälle: 32 %<br>Reduktion tödlicher Unfälle: 24 %                                        | Polizei (Lohn, Autos, Ausrüstung)                                                                                                                                                                      | 6,6-9,7    | Griechenland                                                      |                     |



#### 5.1.4 Maßnahmen zur Beeinflussung des Verkehrsverhaltens der verschiedenen Verkehrsteilnehmer

Neben infrastrukturellen, rechtlichen, Enforcement-Maßnahmen sowie der Nutzung von Fahrerassistenzsystemen kann wie oben erwähnt auch das über Bildungsmaßnahmen oder mittels Kampagnen positiv beeinflussbare Verkehrsverhalten der verschiedenen Verkehrsteilnehmer die Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen. Jedoch ist es schwierig, die Effekte solcher Maßnahmen nachzuweisen (siehe 3.2.3, S. 89). Damit Zusammenhänge nachgewiesen werden können, müssten die Maßnahmen möglichst flächendeckend eingesetzt und/oder experimentell kontrolliert werden.

Zum Jahreswechsel 1998/99 wurde bundesweit in 17 deutschen Landkreisen die umfangreiche Kampagne "Darauf fahr' ich ab..." gegen Fahren unter Alkoholeinfluss durchgeführt (Ruhr-Universität Bochum, 2014). Da in Deutschland im Jahr 2007 alkoholisierte Autofahrer für 12,9 % aller durch einen Pkw verursachten Unfälle verantwortlich waren (Hautzinger, et al., 2011), würde eine erfolgreiche Kampagne wesentlich zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen. Jede Person zwischen 18 und 24 Jahren (Frauen: 16-24) erhielt einen Brief mit persönlichem Anschreiben sowie einer Infobroschüre über die Gefahren von Fahren unter Alkoholeinfluss. Zeitgleich wurden im untersuchten Gebiet Plakate angebracht und an Schulen und Diskotheken ausgehändigt. Die Wirkungsanalyse ergab, dass die Unfallzahlen überdurchschnittlich gesenkt werden konnten. Es wurde ein NKV von 4,7 berechnet. Dies ist bislang die einzige gesichtete Analyse für diesen Maßnahmenbereich. Der Zusammenhang zur Radverkehrssicherheit wurde aber auch hier nicht hergestellt.

#### 5.1.5 Übertragbarkeit auf Deutschland

Die präsentierten Studien beschreiben Maßnahmen, die ein hohes Unfallverminderungspotential aufweisen. Dabei ist zu beachten, dass diese vorrangig in anderen Ländern als Deutschland durchgeführt wurden. Um die Ergebnisse auf Deutschland übertragen zu können, also abschätzbar zu machen, ob die evaluierten Maßnahmen in Deutschland ähnlich Erfolg versprechend sein könnten, sollten Rahmenbedingungen der einzelnen Länder betrachtet werden. Es wurde das Radnutzungsverhalten (hier wurden zwei Maße verwendet, da in den verschiedenen Ländern unterschiedliche Daten zur Verfügung stehen), das Sicherheitsniveau von Radfahrern sowie die Unfallkosten verglichen (siehe Tabelle 79).

In Australien, Griechenland, Norwegen und der USA wird wesentlich weniger Rad gefahren als in Deutschland. Folglich sind hierzulande verhältnismäßig mehr ungeschützte Verkehrsteilnehmer unterwegs, die potentiell einen Unfall erleiden können. Dies spiegelt sich auch im Anteil getöteter Radfahrer an allen Verkehrstoten wieder: Dieser ist in den genannten Ländern deutlich geringer als in Deutschland. Die Vergleichbarkeit mit Deutschland ist daher nicht gegeben.

Ein zu Deutschland ähnliches Radnutzungsverhalten kann auf Grundlage der vorliegenden Daten Österreich und Schweden zugeschrieben werden. In Australien, USA und Griechenland ist der Anteil des Radverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen (Modal-Split) deutlich geringer – die Griechen fahren im Durchschnitt nur etwa ein Viertel so viel Rad wie die Deutschen (bezüglich der gefahrenen Kilometer pro Person pro Jahr). In Deutschland ist mit 10,6 % im Jahr 2013 ein vergleichbar großer

Anteil getöteter Radfahrer an allen Verkehrstoten vorzufinden wie in Österreich, Schweden und der Schweiz. Österreich, Schweiz und Schweden scheinen demnach gute Vergleichsländer für Deutschland darzustellen.

*Tabelle 80* fasst die Maßnahmen zusammen, die entweder in/für Deutschland selbst evaluiert wurden, für die Umrechnungsfaktoren für Deutschland vorliegen oder die aus Ländern stammen, die aufgrund des Radnutzungsverhaltens und der Unfallzahlen annähernd mit Deutschland vergleichbar sind. Im Bereich der infrastrukturellen Maßnahmen könnten damit baulich erhöhte Radfahrwege in Deutschland ähnliche Sicherheitseffekte aufweisen wie in Schweden. Weiterhin scheinen Road Safety Audits, die direkt für Deutschland evaluiert wurden, sehr vielversprechend. Selbiges gilt für Radfahrstreifen und ARAS an Kreuzungen, wobei die Sicherheitseffekte in diesen Untersuchungen nur geschätzt wurden. Notbremssysteme bringen nach Berechnungen auf theoretischer Ebene ein enormes Unfallvermeidungspotential mit sich. Zudem könnten Abschnittskontrollen und Radarfallen Unfälle nachgewiesenermaßen wirkungsvoll verringern. Als Maßnahmen zur Beeinflussung des Verkehrsverhaltens verschiedener Verkehrsteilnehmer zeigte eine Kampagne gegen Autofahren unter Alkoholeinfluss gute Erfolge hinsichtlich der Verringerung von Unfällen.

Interessant ist nun die Frage, welchen Einfluss dies auf den Sicherheitseffekt einer Maßnahme hätte, würde sie in Deutschland eingeführt werden. Steigt dieser, da mehr Verkehrsteilnehmer Radfahrer sind und somit mehr Radfahrunfälle verhindert werden? Oder sinkt dieser, da mehr Radfahrer auf der Straße weniger Autofahrer bedeutet, die Unfälle verursachen können? Letzteres ist zumindest für infrastrukturelle Maßnahmen und solche denkbar, die Autofahrer als Zielgruppe haben.

Zu bedenken ist auch, dass die Unfallkosten für Verkehrstote in den einzelnen Ländern mitunter stark variieren. So werden diese zum Beispiel in Griechenland lediglich mit einem Sechstel des Wertes eines Verkehrstoten in Deutschland beziffert, in der Schweiz ist der Wert fast fünf mal so hoch. Folglich dürfte eine in Griechenland evaluierte, vielversprechende Maßnahme in Deutschland ein wesentlich höheres BCR aufweisen, da mehr Unfallkosten eingespart werden. Umgekehrt fällt dieses beim Vergleich mit Ländern, in denen einem Verkehrstoten ein viel höherer Wert zugeschrieben wird, dann geringer aus (Schweden, Schweiz).

Tabelle 79: Rahmenbedingungen der Länder mit Evaluationsstudien von Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit

| Land         | Modal Split<br>Radverkehr (Jahr) | Rad als Haupt-<br>Verkehrsmittel im<br>Alltag (2010) | Gefahrene Kilometer<br>pro Person pro Jahr<br>(2005) | Anteil getöteter<br>Radfahrer an allen<br>Verkehrstoten (Jahr) | Unfallkosten in Euro (Jahr) |                  |
|--------------|----------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------|
|              |                                  |                                                      |                                                      |                                                                | Verkehrstoter               | Schwerverletzter |
| Deutschland  | 10 % (2009)                      | 13 %                                                 | 291                                                  | 10,0 % (2011)                                                  | 1,3 Mio. (2002)             | 86000 (2002)     |
|              | 9 % (2010)                       |                                                      |                                                      | 11,3 % (2012)                                                  | 1,2 Mio. (2012)             | 116000 (2012)    |
|              |                                  |                                                      |                                                      | 10,6 % (2013)                                                  |                             |                  |
| Australien   | 1 % (2007)                       |                                                      |                                                      | 2,5 % (2012)                                                   | 1,2 Mio. (2002)             |                  |
| Griechenland |                                  | 3 %                                                  | 76                                                   | 1,1 % (2011)                                                   | 206000 (2002)               |                  |
| Israel       |                                  |                                                      |                                                      | 4,7 % (2011)                                                   |                             |                  |
| Norwegen     | 4 % (2009)                       |                                                      |                                                      | 6,5 % (2011)                                                   | 2,7 Mio. (2002)             | 474000 (2002)    |
| Österreich   | 7 % (2011)                       | 8 %                                                  | 162                                                  | 9,8 % (2012)                                                   | 899000 (2002)               |                  |
| Schweden     |                                  | 17 %                                                 | 271                                                  | 9,8 % (2012)                                                   | 2 Mio. (2002)               | 349000 (2002)    |
| Schweiz      | 4,8 % (2010)                     |                                                      | 271 (2010)                                           | 12,2 % (2011)                                                  | 2 Mio. (2002)               | 169000 (2002)    |
|              |                                  |                                                      |                                                      | 10,6 % (2012)                                                  |                             |                  |

| <b>Land</b> | <b>Modal Split<br/>Radverkehr (Jahr)</b> | <b>Rad als Haupt-<br/>Verkehrsmittel im<br/>Alltag (2010)</b> | <b>Gefahrene Kilometer<br/>pro Person pro Jahr<br/>(2005)</b> | <b>Anteil getöteter<br/>Radfahrer an allen<br/>Verkehrstoten (Jahr)</b> | <b>Unfallkosten in Euro (Jahr)</b> |                         |
|-------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
|             |                                          |                                                               |                                                               |                                                                         | <b>Verkehrstoter</b>               | <b>Schwerverletzter</b> |
| USA         | 0,5 % (2008)<br>0,6 % (2012)             |                                                               |                                                               | 2,2 % (2012)                                                            | 3,2 Mio. (2002)                    |                         |

*Quellen:* bast (2015); bfu (2013); bmvit (2013); Buehler & Pucher (2012); Statistisches Bundesamt (2013a); Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Raumentwicklung (2012); ETSC (2007); League of American Bicyclists (2013); ROSEBUD (2006); The Gallup Organization (2011)

*Tabelle 80: Erfolg versprechende Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit von Radfahrern in Deutschland (Auswahl).*

| <b>Art der Maßnahme</b> | <b>Maßnahme</b>                                                         | <b>Sicherheitseffekte</b>                                                                                                                                  | <b>BCR</b>               | <b>Land</b>                                  |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|
| Infrastrukturmaßnahmen  | Road Safety Audits                                                      | Unfallreduktion: 70 %                                                                                                                                      | 37-99                    | Deutschland                                  |
|                         | Baulich erhöhte Radfahrwege auf Kreuzungen mit farblicher Kennzeichnung | Einschätzung Sicherheitseffekte<br>- Experten: 30 % Verbesserung<br>- Radfahrern: 20 % Verbesserung<br><br>geschätzte Reduktion des Unfallrisikos: 10-50 % | NA                       | Schweden, Göteborg                           |
|                         | Radfahrstreifen                                                         | Unfallreduktion<br>-Radfahrer: 10 %<br>- sonst. Verkehrsteilnehmer: 30 %                                                                                   | 3,07<br>(für Dtl.: 2,25) | Norwegen (Umrechnungsfaktor für Deutschland) |

| <i>Art der Maßnahme</i>                            | <i>Maßnahme</i>                                | <i>Sicherheitseffekte</i>                                                                                                                                 | <i>BCR</i>               | <i>Land</i>                                                       |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                                    | ARAS                                           | Unfallreduktion<br>-Radfahrer: 25 %<br>- sonst. Verkehrsteilnehmer: 50 %                                                                                  | 3,85<br>(für Dtl.: 2,82) | Norwegen (Umrechnungsfaktor für Deutschland)                      |
| Fahrerassistenzsysteme                             | Notbremssystem                                 | Mögliche Reduktion von 45,4 % aller Pkw/Radfahr-Unfälle, wobei ausschließlich Leicht- und Schwerverletzte vermieden werden könnten, nicht jedoch Getötete | NA                       | Deutschland                                                       |
| Rechtliche und Enforcement-Maßnahmen               | Abschnittskontrolle                            | 30 % weniger leichte Unfälle                                                                                                                              | 5                        | Österreich                                                        |
|                                                    | Radarfallen                                    | Unfallreduktion: 17 %                                                                                                                                     | NA                       | Norwegen, Deutschland, Australien, Schweden, England, Niederlande |
| Maßnahmen zur Beeinflussung des Verkehrsverhaltens | Kampagne gegen Autofahren unter Akoholeinfluss | NA                                                                                                                                                        | 4,7                      | Deutschland                                                       |

*Anmerkung.* NA = nicht verfügbar.

### 5.1.6 Zusammenfassung

Die Zahl möglicher Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit ist praktisch unbegrenzt. Im Rahmen dieser Studie konnte das Thema nur kurz angerissen werden. Als Fazit kann man zusammenfassen, dass ein belastbarer Vergleich der Maßnahmen mit der Maßnahme „Helmpflicht“ detailliert nicht möglich ist. Für eine Gesamtschau ist die Datenlage bei weitem nicht ausreichend. Vergleiche mit Befunden aus dem Ausland sind wegen unterschiedlicher Rahmenbedingungen und in der Regel auch unterschiedlichen Bewertungssystemen nicht möglich. Für Deutschland fehlen die Befunde häufig völlig.

Die meisten benannten Maßnahmen zielen in erster Linie darauf ab, Unfälle mit stärkeren Verkehrsteilnehmern (Auto, Lkw) zu vermeiden oder zu lindern. In einer vorsichtigen Abschätzung sind nach (Otte, Facius, & Wiese, 2013) ca. 75 % der polizeilich erfassten Unfälle auf Kollision mit Pkw oder Nutzfahrzeug zurückzuführen. Berücksichtigt man aber die Dunkelzifferquoten, die bei Alleinunfällen besonders hoch ist (siehe 2.2.6, S. 40) ergibt sich, dass nur in 20 % bis 25 % aller Fahrradunfälle (siehe auch ähnliche Argumentation in der rechtlichen Würdigung, S. 271) ein Pkw oder ein Lkw beteiligt ist.

Viele Maßnahmen haben einen positiven Effekt auf die Straßenverkehrssicherheit. Die Nutzen-Kosten-Verhältnisse liegen in den Bereichen, die in dieser Studie auch für eine Helmpflicht ermittelt wurde. Allerdings ist die Nutzenseite hier nicht speziell für den Radverkehr, sondern für den Verkehr insgesamt ermittelt worden. Zudem dauert es deutlich länger bis – etwa durch Infrastrukturumbau – ein flächendeckender Sicherheitsgewinn erzielt werden kann.

Helme bewirken eine deutliche Reduzierung der Unfallfolgen bei Kopfverletzungen – können aber keine Unfälle verhindern. Um der Vision Zero nahe zu kommen müssen alle Potentiale zur Erhöhung der Radverkehrssicherheit ausgeschöpft werden.

## 5.2 Vergleich der Gefährlichkeit des Radfahrens mit anderen Mobilitätsformen

Die Angemessenheit einer Helmpflicht für Radfahrer ist neben dem Nutzen-Kosten-Verhältnis auch mit Blick auf die Gefährlichkeit anderer Mobilitätsformen und Sportarten zu betrachten. Eine häufige Argumentation gegen eine Helmpflicht ist die der Relativierung. „Warum sollen ausgerechnet Fahrradfahrer einen Helm tragen müssen, wenn andere Mobilitätsformen genauso oder sogar höher gefährdet sind?“

Für eine vergleichende Betrachtung wurden die Unfallfolgen folgender Tätigkeiten recherchiert:

- Radfahren
- Zufußgehen
- Autofahren
- Inline-Skaten (mit und ohne Helm)
- Reiten (mit und ohne Helm)
- Skifahren (mit und ohne Helm)

Es konnte keine Quelle gesichtet werden, die einheitliche Daten für alle sechs Tätigkeiten zur Verfügung stellt. Besonders spärlich sind die Informationen zu verletzten und getöteten Personen beim Inline-Skaten, Reiten und Skifahren. Laut Lochner, Kunz, Fischer und Grove (2015) gibt es in Deutschland bisher keine zentrale Einrichtung, die verletzte und getötete Wintersportler erfasst. Zwar werden Unfälle vom Deutsche Alpenverein (DAV), der Bergwacht Bayern, der Auswertungsstelle für Skiunfälle (ASU) und verschiedenen Versicherungen analysiert, jedoch registrieren die genannten Stellen jeweils unterschiedliche Unfälle und geben daher kein Gesamtbild wieder. So verfügt der DAV nur über Unfalldaten seiner Mitglieder, die Bergwacht Bayern stützt sich lediglich auf die Zahl ihrer Einsätze. Die ASU besitzt nur Informationen über verletzte, aber nicht über getötete Wintersportler, und auch Daten von Versicherungen geben nur die gemeldeten Fälle wieder.

Über Unfälle beim Inline-Skaten und Reiten liegen allein Informationen über Sportverunfallte vor. Da aber davon ausgegangen werden kann, dass vor allem Inline-Skaten zum größten Teil als Freizeitaktivität betrieben wird, spiegeln die Daten nur ein unvollständiges Bild aller Unfälle wider. Für Inline-Skater, Reiter und Skifahrer konnten keine verwertbaren Informationen zu Kopfverletzungen identifiziert werden, obgleich gerade diese für die Betrachtung der Angemessenheit einer Helmpflicht für Radfahrer von besonderem Interesse sind. Auch Nutzungsdaten liegen ausschließlich für Radfahrer, Autofahrer und Fußgänger vor, weshalb das Unfallrisiko pro Dauer der Betätigung oder Streckenlänge für Inline-Skater, Reiter und Skifahrer nicht berechnet werden kann. Ein Vergleich der Gefährlichkeit dieser Tätigkeiten mit dem Radfahren, insbesondere bezüglich des Risikos von Kopfverletzungen, ist nicht möglich.

Tabelle 81 fasst die verfügbaren Unfallzahlen sowie das berechnete Unfallrisiko für die analysierten Tätigkeiten zusammen. Nach Statistischem Bundesamt (2013b) verletzten sich im Jahr 2010 mit 216.068 Verunglückten etwa dreimal mehr Personen beim Autofahren als beim Radfahren. Verletzte Skifahrer und Fußgänger gab es etwa halb so viele wie Radfahrer (Schulz, 2013). Betrachtet man die Anzahl der Unfalldaten, stehen auch hier die Autofahrer mit fast 1.800 an erster Stelle, gefolgt von 520 Fußgängern und 406 Radfahrern (Zahlen der amtlichen Verkehrsunfallstatistik ohne Berücksichtigung von Dunkelziffern). Eine weitere Detaillierung lässt die Unfallzahlen näher zusammenrücken:

Im Jahr 2012 starben 362 Autofahrer, 223 Radfahrer und 207 Fußgänger durch Kopfverletzungen (Gesundheitsberichterstattung des Bundes, 2015). Allerdings müssen diese Zahlen vor dem Hintergrund von Dunkelziffern (auch für die Fußgänger) relativiert werden.

Ein Vergleich des Unfallrisikos bedarf immer einer Relativierung, entweder an der Dauer der Ausführung der Tätigkeit oder der absolvierten Streckenlänge. Bei den Mobilitätsformen ist ein Vergleich über die Kilometerleistung am sinnvollsten. Bei großen Tempounterschieden, wie zwischen Auto und Fußgänger ist die Dauer der Exposition ein besseres Maß, da allein der Aufenthalt im Verkehrsraum mit Gefahren verbunden ist. Je nach Maß ergeben sich unterschiedliche Vergleichsfaktoren.

Eine Analyse der Unfälle im Jahr 2006 in Großbritannien zum Beispiel ergab, dass das Risiko für Radfahrer pro gefahrenen km zu sterben etwa zwölfmal höher war als jenes für Autofahrer. Wurde als Maßstab jedoch gefahrene Stunden genommen, war das Risiko „nur noch“ viermal so hoch (Department for Transport, 2008). Außerdem können Daten teilweise auch einem Bias unterliegen: Ein großer Anteil der Autofahrten besteht aus relativ sicheren Autobahnfahrten, auf welchen in kürzester Zeit viele Kilometer bewältigt werden (OECD/International Transport Forum, 2013).

Das Unfallrisiko für deutsche Radfahrer pro gefahrener km ist gemäß der Daten der offiziellen Statistik (also ohne Dunkelziffer) bei den derzeitigen Verkehrsverhältnissen fast zehnmal so hoch wie für Autofahrer und 2,5-mal so hoch wie für Fußgänger (siehe Tabelle 90, S. 366). Berücksichtigt man die hohe Dunkelziffer bei Fahrradfahrunfällen (siehe 2.2.6, S. 40) im Vergleich zu der bei Autofahrern (Baum, Kranz, & Westerkamp, 2010), sind die Unterschiede zwischen Fahrradfahren und Autofahren noch erheblich größer (Faktor ca. 25-40). In Bezug auf die Getötetenzahlen pro Fahrkilometer ist das Auto ca. 6-mal sicherer als das Fahrrad (ADAC, 2014), mit Berücksichtigung der Dunkelziffer liegt der Faktor bei ca. 7-8. Auf die Zeit bezogen liegt der Faktor bei 2,3 ohne und bei ca. 3 mit Dunkelziffer. Allerdings wird bei den Kennziffern nicht zwischen unterschiedlichen Verkehrsumfeldern differenziert. Eine genauere Berechnung steht noch aus. Vergleicht man die Getötetenzahlen von Fußgängern und Fahrradfahren (amtliche Verkehrsunfallzahlen), ist das Fahrrad auf die Kilometerleistung bezogen ca. 60 % sicherer, auf die Zeit bezogen doppelt so unsicher.

Aufgrund der spärlichen Datenlage speziell für Inline-Skater, Reiter und Skifahrer werden verfügbare Daten der Nachbarländer Österreich und Schweiz mit betrachtet. Gesichtete Daten für Österreich finden sich in Tabelle 82, jene für die Schweiz in Tabelle 83.

In der Schweiz stehen Daten zum Unfallrisiko der sechs Aktivitäten zur Verfügung. Pro 10.000 Stunden Ausübung verletzten sich zwischen 2002 und 2006 im Mittel 1,7 Radfahrer, 3,5 Reiter, 4,6 Skifahrer und 7,3 Inline-Skater (Bianchi, 2014). Bei den Reitern ist die Kopfverletzungsquote höher als bei Radfahrern. Allerdings ist zu beachten, dass sich nur 70-85 % der Unfälle beim eigentlichen Reiten ereigneten und der Rest bei anderen Aktivitäten mit dem Pferd. Laut bfu (2013) gab es im Jahr 2010 mehr schwere Personenschäden (Schwerverletzte und Getötete) sowohl pro 10 Mio. Stunden als auch pro 100 Mio. km bei Radfahrern als bei Autofahrern und Fußgängern. Dies entspricht den Befunden in Deutschland.

Ansonsten gibt es in Deutschland, der Schweiz und Österreich nur Daten zu absoluten Unfallzahlen. Ohne Relativierung auf Zeiten oder Kilometerleistung haben diese Daten für unsere Fragestellung nur eine geringe Aussagekraft.

In Österreich zeigt sich für verletzte und getötete Radfahrer, Fußgänger und Autofahrer ein ähnliches Bild wie in Deutschland. Informationen zu Unfällen mit Kopfverletzungen liegen nur aus dem



sportlichen Bereich vor. Im Jahr 2013 erlitten jeweils 2.700 Radfahrer und Skifahrer sowie 800 Reiter und 100 Inline-Skater (inkl. Rollschuhfahrer) Kopfverletzungen (KFV, 2009).

Die Unfallversicherungen der Schweiz liefern Daten für alle sechs interessierenden Tätigkeiten (siehe Tabelle 83). Im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2012 sind die meisten anerkannten Fälle solche von Skifahrern, gefolgt von Autofahrern und Radfahrern (vgl. Graf et al., 2014). Pro Jahr verunglücken 81 Autofahrer, 13 Radfahrer, 12 Fußgänger, 5 Skifahrer, 1 Reiter und kein Inline-Skater tödlich.

Die bfu (2015) verfügt zudem über Daten zur Anzahl von Schädel/Hirn-Verletzungen pro 100 Verletzten. Dies waren im Mittel der Jahre 2008 bis 2012 bei Reitern 7, bei Radfahrern (nicht im Verkehr) 5,1, bei alpinen Skifahrern 3,2, und bei Inline-Skatern 2,1. Ein Vergleich der Häufigkeit von Kopfverletzungen bei den genannten Sportarten ist jedoch schwierig, da beim Radfahren Straßenverkehrsunfälle ausgeschlossen wurden.

### 5.2.1 Zusammenfassung

Die Angemessenheit einer Helmpflicht für Radfahrer durch den Vergleich der Gefährlichkeit dieser mit anderen Mobilitätsformen und Sportarten kann aufgrund des Mangels an verfügbaren Daten nicht beurteilt werden. Lediglich das Risiko deutscher Radfahrer, Autofahrer und Fußgänger, durch eine Kopfverletzung tödlich zu verunglücken, eignet sich für einen Vergleich dieser drei Aktivitäten.

Das Unfallrisiko für Radfahrer pro gefahrener km ist 2,5-mal so hoch wie für Fußgänger. Bezogen auf die Zeit ist das Unfallrisiko von Radfahrern 7,5-mal größer als die eines Fußgängers (siehe Tabelle 90, S. 366). Die Kopfverletzungsquote bei Fußgängern ist allerdings signifikant höher als bei Radfahrern. Dadurch ist das Kopfverletzungsrisiko von Fußgängern und Radfahrern je km fast identisch. Alleinunfälle von (insbesondere Älteren) Fußgängern werden oft als Stürze und nicht als Verkehrsunfälle gewertet. Daher ist ein unmittelbarer Vergleich der Alleinunfälle und Dunkelziffern kaum möglich.

Das Unfallrisiko für Radfahrer pro gefahrener km ist fast zehnmal so hoch wie für Autofahrer. Bei Annahme einer Dunkelziffer von ca. 70 % bei Fahrradfahrern und 10 % bei Autofahrern ergibt sich mit den oben genannten Zahlen ein für Fahrradfahrer 27-fach höheres auf die Kilometerleistung bezogenes Unfallrisiko (auf die Zeit bezogen ca. 10-fach). Man kann allerdings erwarten, dass dieser Faktor bei Abzug der Autobahnfahrten kleiner ist. Bei tödlichen Verletzungen liegt das Risiko von für einen Radfahrer in Bezug auf einen Kilometer bei Berücksichtigung der Dunkelziffer um den Faktor 7-8 höher. Die Kopfverletzungsquoten von Radfahrern und Pkw-Fahrern sind vergleichbar.

Tabelle 81: Übersicht über Unfallzahlen verschiedener Mobilitätsformen für Deutschland.

| <b>Tätigkeit/<br/>Personengruppen</b> | <b>Unfallzahlen absolut</b>          |                                                                      |                                       |                                                       |                                  | <b>Unfallrisiko pro 100 Mio. gefahrenen km</b> |                                       |                                                       |
|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                       | <b>Verunglückte<br/>2012</b>         | <b>Anteil Kopfver-<br/>letzungen an<br/>allen Verlet-<br/>zungen</b> | <b>Unfalltote<br/>Gesamt<br/>2012</b> | <b>Unfalltote durch<br/>Kopfverletzungen<br/>2012</b> | <b>Sportverunfallte<br/>2000</b> | <b>Verunglückte<br/>2012</b>                   | <b>Unfalltote<br/>Gesamt<br/>2012</b> | <b>Unfalltote durch<br/>Kopfverletzungen<br/>2012</b> |
| Radfahrer                             | 74.776                               | 35 %                                                                 | 406                                   | 223                                                   | 60.000                           | 230                                            | 1,25                                  | 0,63                                                  |
| Fußgänger                             | 31.830                               | 54 %                                                                 | 520                                   | 207                                                   |                                  | 92                                             | 1,5                                   | 0,6                                                   |
| Autofahrer                            | 216.068                              | 39,2 %                                                               | 1.791                                 | 362                                                   |                                  | 25                                             | 0,21                                  | 0,06                                                  |
| Inline-Skater                         |                                      |                                                                      |                                       |                                                       | 111.000*                         |                                                |                                       |                                                       |
| Reiter                                |                                      |                                                                      |                                       |                                                       | 93.000                           |                                                |                                       |                                                       |
| Skifahrer                             | 41.000-43.000<br>(Winter<br>2012/13) | 7,2 %                                                                |                                       |                                                       | 90.000                           |                                                |                                       |                                                       |

\*inkl. Skateboard & Kickboard

*Quellen:* Statistisches Bundesamt (2013b), Schulz (2013), Lubbaddeh (2012), ADAC (2015), Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2015), BMVI (2014), Rehn (o. J.) Lob et al. (2008).

Tabelle 82: Übersicht über Unfallzahlen verschiedener Mobilitätsformen für Österreich.

| <b>Tätigkeit/<br/>Personengruppen</b> | <b>Unfallzahlen absolut</b> |                 |                              |                           |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------|
|                                       | <b>Verletzte</b>            | <b>Getötete</b> | <b>Sportverunfallte 2013</b> |                           |
|                                       | <b>2013</b>                 | <b>2013</b>     | <b>Gesamt</b>                | <b>mit Kopfverletzung</b> |
| Radfahrer                             | 6.335                       | 51              | 22.500                       | 2.700                     |
| Fußgänger                             | 4.196                       | 82              |                              |                           |
| Autofahrer                            | 26.240                      | 193             |                              |                           |
| Inline-Skater*                        |                             |                 | 4.100                        | 100                       |
| Reiter                                |                             |                 | 4.300                        | 800                       |
| Skifahrer                             |                             |                 | 40.700                       | 2.700                     |

\* inkl. Rollschuhfahrer

Quellen: Statistik Austria (2015), KFV (2009)

Tabelle 83: Übersicht über Unfallzahlen verschiedener Mobilitätsformen für die Schweiz.

| Tätigkeit/<br>Personengruppen | Unfallzahlen absolut              |          |                             |                                                         |                     |                | Unfallrisiko                             |                                           |                 |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------|-----------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------|----------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|
|                               | Verletzte                         | Getötete | Tödliche                    | laut Unfallversicherung Ø 2008-12                       |                     |                | Verletzte                                | Schwere Personenschäden <sup>7</sup> 2010 |                 |
|                               | 2012                              | 2012     | Sportunfälle<br>Ø 2000-2012 | Schädel-<br>/Hirnver-<br>letzungen pro<br>100 Verletzte | Anerkannte<br>Fälle | Todesfälle     | pro<br>10.000 h<br>Ausübung<br>Ø 2002-06 | pro 10 Mio. h                             | pro 100 Mio. km |
| Radfahrer                     | 3.033                             | 28       | 0,5 <sup>1</sup>            | 5,1 <sup>8</sup>                                        | 17.232              | 13             | 1,7 <sup>3</sup>                         | 47                                        | 1               |
| Fußgänger                     | 2.307                             | 75       |                             |                                                         | 1.618               | 12             |                                          | 5                                         |                 |
| Autofahrer                    | 11.136                            | 104      |                             |                                                         | 21.025              | 81             |                                          | 9                                         | 2               |
| Inline-Skater                 |                                   |          | 0,3                         | 2,1 <sup>4</sup>                                        | 1.952 <sup>4</sup>  | 0 <sup>4</sup> | 7,3 <sup>4</sup>                         |                                           |                 |
| Reiter                        | 8.000 <sup>5</sup><br>(Ø 2006-10) |          | 2,4 <sup>6</sup>            | 7,0                                                     | 3.929               | 1              | 3,5 <sup>5</sup>                         |                                           |                 |
| Skifahrer (alpin)             |                                   |          | 6,7                         | 3,2                                                     | 26.015              | 5              | 4,6                                      |                                           |                 |

<sup>1</sup> ohne Mountainbiking und Radsport, <sup>3</sup> inkl. Biking, <sup>4</sup> inkl. Rollschuhfahren, <sup>5</sup> nur 70-85 % beim Reiten, 15-30 % bei anderen Aktivitäten mit dem Pferd, <sup>6</sup> davon 80 % beim Reiten, <sup>7</sup> Schwerverletzte und Getötete, <sup>8</sup> ohne Straßenverkehr

Quellen: Bianchi & Brügger (2013), Bianchi (2014), bfu (2013), Graf et al. (2014), bfu (2015)

## 5.3 Analyse von Rahmenbedingungen, Praktische, technische Fragen

Die wichtigsten praktischen Fragen bei der Einführung einer Helmpflicht sind die Auswahl geeigneter Helme und richtige Anwendung von Fahrradhelmen sowie die Gestaltung der Durchsetzung (Enforcement), um eine Befolgung des Gesetzes zu gewährleisten. Hierzu wurden die Bedingungen in den Ländern, die bereits eine Helmpflicht für Radfahrer eingeführt haben, betrachtet. Zudem wurde geprüft, ob und wie eine Helmpflicht mit Fahrradverleihsystemen vereinbar ist. Weiterhin werden Alternativen zum klassischen Fahrradhelm aufgezeigt (technischer Aspekt). Eine wichtige Frage in diesem Zusammenhang ist auch die nach internationalen Helmstandards.

### 5.3.1 Helmstandards

In den verschiedenen Ländern mit Helmpflicht gelten unterschiedliche Standards für Fahrradhelme, die laut Gesetz getragen werden dürfen. Allen ist gemein, dass es Festlegungen für die Größe des Sichtfeldes, die bei einem Aufprall aufgenommene Energie (Stoßdämpfung) und die Befestigungsvorrichtung gibt. Die einzelnen Werte, die bei den entsprechenden Tests nicht über- oder unterschritten werden dürfen, variieren jedoch je nach Norm. Weiterhin gibt es Vorschriften für die Konstruktion, das Design, Kennzeichnung und Instruktionen zur richtigen Anwendung. Alle Helme sollten über ein System zu Belüftung und zur Befestigung (einstellbar) verfügen. Tabelle 84 gibt einen Überblick über die Anforderungen der einzelnen Standards.

Der in **Europa** geltende Standard für Fahrradhelme EN 1078 (DIN EN 1078, 2014); wurde zuletzt im Jahr 2014 aktualisiert. Danach muss ein Helm aus einem ungefährlichen Material gefertigt sein, dass sich bei Kontakt mit Substanzen wie Schweiß nicht verformen darf. Er muss er leicht, belüftet, einfach auf- und abzusetzen und auch mit einer Brille zu tragen sein. Der Helm darf das Hören nicht beeinträchtigen und das Sichtfeld nicht einschränken (beidseitig 105° in der Horizontalen). Die Kinnriemen müssen eine Mindestbreite von 15 mm aufweisen und die Trageeinrichtungen dürfen nicht grün sein, da dies McKewon (2015) zufolge in einigen EU-Mitgliedsstaaten gegen Sicherheitsvorschriften verstößt.

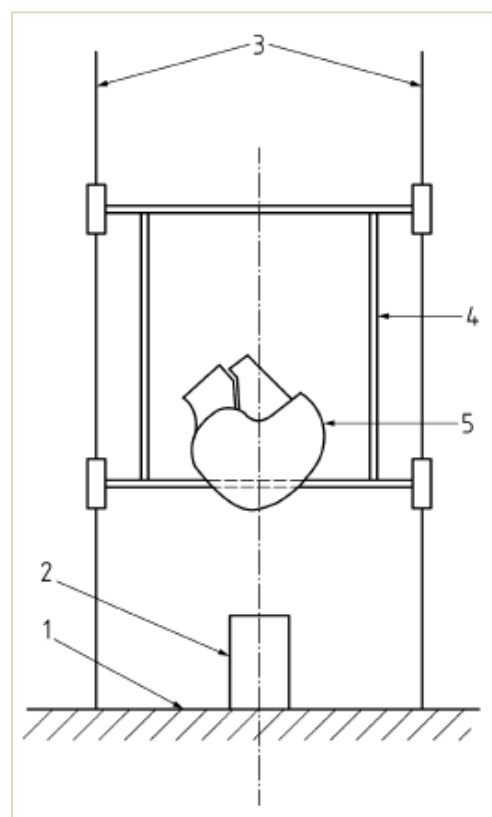


Abbildung 112: Prinzip einer Prüfapparatur nach DIN EN 1078. 1 = Fundament, 2 = Sockel, 3 = Führungen, 4 = bewegliche Halterung, 5 = Prüfkopf mit Helm (DIN EN 1078, 2014).

Vor den eigentlichen Tests werden die Helme vorbehandelt. So werden sie Temperaturen zwischen -20 °C und 50 °C ausgesetzt und künstlich bestrahlt, um wochenlange Sonneneinstrahlung zu simulieren. Für jede Kopfgröße müssen vier Helme für die Tests bereitstehen. Zum Test der Stoßdämpfung wird der Helm samt Prüfkopf gerade (entspricht einem Aufprallwinkel von 90°) auf einen flachen sowie auf einen kantigen Sockel fallengelassen. Die Sockel sollen eine Straße und eine Bordsteinkan-

te simulieren. Abbildung 112 stellt das grundlegende Prinzip der Prüfapparatur dar. Die beim Aufprall am Prüfkopf gemessene maximale Beschleunigung darf 250 g nicht überschreiten. Laut BHSI (2012a) variieren die verwendeten Kopfformen zwischen 3,1 und 6,1 kg. Die Befestigung darf sich unter einer dynamischen Belastungssituation nicht über einen bestimmten Grenzwert hinaus dehnen und muss zudem nach einem Unfall mit einer Hand zu öffnen sein.

Nach **US-**amerikanischem Recht benötigen Fahrradhelme den Standard der U.S. Consumer Product Safety Commission (CPSC), genauer CPSC 16 CFR Part 1203. Dieser besteht seit 1999 und wurde seither nicht verändert (U.S. CPSC, o. J.). Pro Kopfgröße werden acht Helme auf periphere Sicht, Lagestabilität, Befestigung und Stoßdämpfung getestet. Zwei der acht Helme werden 4 bis 24 Stunden vor den Tests bei normaler Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit, zwei bei -13 °C bis -17 °C, zwei bei 47 °C bis 53 °C und die letzten zwei unter Wasser gelagert. Das zur Verfügung stehende Sichtfeld entspricht mit 105° auf beiden Seiten dem nach australischem Standard. Beim Test der Stärke der Befestigung darf sich diese nicht vom Helm lösen und die Riemen sich nicht mehr als 3 cm dehnen. Die Stoßdämpfung wird geprüft, indem der Helm mithilfe einer Vorrichtung beschleunigt wird, bis er auf einen Sockel trifft. Die Sockel haben variierende Formen, um unterschiedliche Oberflächen, wie zum Beispiel Kopfsteinpflaster oder Bordsteinkanten, zu simulieren. Je nach Form muss der Helm beim Aufprall verschiedene Geschwindigkeiten besitzen (bei einem glatten Sockel z. B. 6,2 m/s). Es wird die Spitzenbeschleunigung am Prüfkopf gemessen, auf welchem der Helm aufsitzt. Diese darf 300 g nicht überschreiten. Der Test auf Lagestabilität soll garantieren, dass der Helm auch bei einem Aufprall ordnungsgemäß auf dem Kopf verbleibt (U.S. CPSC, 2002).

In **Kanada** werden Standards von ASTM, CPSC, Snell, EN oder der Canadian Standards Association (CSA) akzeptiert (MEC, 2015). Nennenswerte Unterschiede des Standards der CSA zu den zuvor genannten Standards sind die zu testenden Gewichte der Kunstköpfe und die bei den Tests zur Stoßdämpfung gemessenen maximalen Spitzenbeschleunigungen: Helme für Kinder unter fünf Jahren werden je nach Kopfform mit einem 3,1 kg oder 4,1 kg schweren Kopf geprüft. Die gemessenen Beschleunigungen dürfen abhängig vom jeweiligen Test 250 g, 200 g bzw. 150 g nicht überschreiten. Bei Helmen für Erwachsene (Kopfform 5 kg) liegen die Werte bei 250 g bzw. 200g (BHSI, 2012a).

In **Australien** müssen Helme der Norm AS/NZS 2063:2008 genügen. Nach dieser muss der Helm über ein unter Sonneneinwirkung, extremen Temperaturen, Regen, normaler Nutzung und Alterung beständiges Material verfügen. Er muss die Kraft, die durch einen Aufprall auf den Kopf einwirkt, signifikant reduzieren und verteilen können (ACCC, 2015). Die an einem Dummykopf, auf welchem der Helm sitzt, gemessene Beschleunigung darf maximal 250 g betragen. Die Helme werden zwischen -10 °C und 50 °C getestet (de Neef, 2013). Sie müssen 105° störungsfreies Sehen auf beiden Seiten des Gesichtsfeldes – betrachtet vom Zentrum des Gesichts aus – ermöglichen (BHSI, 2012a).

Helme in **Neuseeland** müssen eine zugelassene Norm erfüllen und sicher befestigt sein. Als Normen anerkannt werden ASTM F1447-2006, AS/NZS 2063:2008, NZS 5439, AS 2063.2, Snell B90, Snell B95, EN 1078 und der Standard der U.S. CPSC (NZ Transport Agency, 2014). Snell B90 und B95 sind dem U.S. CPSC betreffend der Leistungsfähigkeit, die ein Helm aufweisen muss, sehr ähnlich, weshalb an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen wird. Der wesentliche Unterschied von ASTM F1447-2006 zu den drei zuvor genannten Standards liegt in dem Gewicht des zu testenden Prüfkopfes. Hier müssen Gewichte zwischen 3,1 kg und 6,1 kg überprüft werden, wohingegen der Prüfkopf von Snell B90, B95 und U.S. CPSC 5 kg wiegen muss. Sie repräsentieren damit eher reale Köpfe (BHSI, 2012b). NZS 5439 und AS 2063.2 sind Vorgängerversionen des derzeit aktuellsten Standards AS/NZS 2063:2008 und stammen aus den Jahren 1986 bzw. 1990.

Falls in Deutschland eine Helmpflicht für Radfahrer eingeführt wird, ist davon auszugehen, dass für zu tragende Helme der in Europa geltende Standard EN 1078 verpflichtend ist. Die erlaubte Spitzenbeschleunigung bei einem Aufprall liegt mit 250 g im vorderen Bereich. Nur der Standard der CSA verlangt bei bestimmten Prüfköpfen einen noch geringeren Wert (150 g). Bezüglich der verwendeten Prüfgeschwindigkeit stellen die Standards der CPSC und ASTM die höchsten Anforderungen. Zudem werden dort die Tests zur Stoßdämpfung auf drei unterschiedlichen Sockeln durchgeführt; bei der EN 1078 sind es lediglich zwei. Dafür testen die EN 1078 ebenso wie die AS/NZS und ASTM Kopfgewichte zwischen 3,1 kg und 6,1 kg. Keine Unterscheidung von Kopfgewichten nimmt der Standard der CPSC vor; hier wird lediglich ein 5 kg-Kopf geprüft.

Hervorgehoben werden sollte die Norm AS/NZS: Diese prüft als einziger Standard die Verteilung der bei einem Aufprall einwirkende Kräfte.

*Tabelle 84: Übersicht über die Anforderungen verschiedener Helmstandards.*

| <b>Kriterium</b>              | <b>AS/NZS<br/>2063:2008</b>               | <b>CPSC 16<br/>CFR Part<br/>1203</b>      | <b>ASTM<br/>F1447-2006</b>                | <b>CSA</b>                                | <b>EN 1078</b>                        |
|-------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|
| Anzahl Prüfkopfgrößen         | 5                                         | 5                                         | 5                                         | 5                                         | 5                                     |
| Kopfgewichte                  | 3,1 – 6,1 kg                              | 5 kg                                      | 3,1 – 6,1 kg                              | 3,1 – 5 kg                                | 3,1 – 6,1 kg                          |
| Vorbehandlung der Helme       | Raumtemperatur<br>Wärme<br>Kälte<br>Nässe | Raumtemperatur<br>Wärme<br>Kälte<br>Nässe | Raumtemperatur<br>Wärme<br>Kälte<br>Nässe | Raumtemperatur<br>Wärme<br>Kälte<br>Nässe | Wärme<br>Kälte<br>Künstliche Alterung |
| Verwendete Sockel             | flach                                     | flach, kantig, Halbkugel                  | flach, kantig, Halbkugel                  | flach, zylindrisch                        | flach, kantig                         |
| Prüfgeschwindigkeiten         | 5,4 m/s                                   | 4,8 – 6,2 m/s                             | 4,8 – 6,2 m/s                             | nicht angegeben                           | 4,57 – 5,42 m/s                       |
| Grenzwerte Kopfbeschleunigung | 250 g                                     | 300 g                                     | 300 g                                     | 150 g – 250 g                             | 250 g                                 |

*Quellen:* ACCC (2015), de Neef (2013), BHSI (2012a), U.S. CPSC (o. J.), U.S. CPSC (2002), NZ Transport Agency (2014), BHSI (2012b), MEC (2015), DIN EN 1078, McKeown (2015), Bauer (2015).

In einem Forschungsprojekt der UDV (Bauer, Schick, Wagner, Zhou, Peldschus, & Malczyk, 2015) wurden fast 700 reale Fahrradunfälle analysiert, typische Unfallszenarien herausgestellt und daraus folgend Empfehlungen für Fahrradhelmtestverfahren zur Beurteilung der Stoßdämpfung entwickelt. Betrachtet wurden dabei die verwendeten Testmethoden der Norm EN 1078. Ausgeweitet werden sollten laut UDV die Zonen, in welchen der Fahrradhelm aktuell auf seine Stoßdämpfung hin getestet

wird. Die kritischen Bereiche, die bei schweren Unfällen oftmals betroffen sind, derzeit jedoch nur unzureichend geprüft werden, sind dabei die Stirn, Schläfenbereich und der untere Hinterkopf.

Die Analysen der Unfallgeschehen zeigten, dass ein Aufprall auf ein kantiges Element (z. B. ein Bordstein) im Vergleich zu einem flachen Element (z. B. eine Motorhaube) nur selten vorkommt. Jedoch führt Ersteres häufig zu schwereren Verletzungen. Daher wird empfohlen, weiterhin beide Sockel (kantig und flach) für die Tests auf Stoßdämpfung zu verwenden.

Helme werden nach EN 1078 mit Prüfgeschwindigkeiten zwischen 4,57 m/s und 5,42 m/s getestet. Diese Aufprallgeschwindigkeiten sind auch bei der Mehrheit der Alleinunfälle von Fahrradfahrern vorzufinden. Bei Kollisionen mit Pkw liegt die Geschwindigkeit des Kopfes beim Aufprall zwischen 10 und 12 m/s. Solche Geschwindigkeiten werden in der aktuellen Norm nicht geprüft, weshalb die UDV (Bauer, Schick, Wagner, Zhou, Peldschus, & Malczyk, 2015) empfiehlt, über die Einführung einer zusätzlichen Prüfgeschwindigkeit nachzudenken.

Otte et al. (2015) nutzten zur Analyse der Schutzwirkung von Helmen nach dem Standard EN 1078 GIDAS-Daten. Hauptbeschädigungsstellen der Helme bei einem Unfall fanden sich im lateralen Bereich (seitlich). Schläge auf die Seiten des Helmes scheinen zudem zu größeren Verletzungsschweren zu führen als Schläge auf die Oberseite. Weiterhin waren 88 % aller Aufschläge solche auf flache Oberflächen, 12 % auf Kanten (N=2844). Zudem führten Otte et al. (2015) Interviews mit 994 Radfahrern in Deutschland, Finnland, Griechenland, Italien und Portugal durch. Helmträger sollten u. a. angeben, mit welchem Bereich des Helms sie im Falle eines Unfalls hauptsächlich aufgeschlagen sind. Auch hier zeigte sich, dass die Mehrheit Beschädigungen im lateralen Bereich erlitt (29 links, 23 rechts von insgesamt 82 Personen). Am zweithäufigsten Betroffen war die Front des Helms (20 Fälle). Aufgrund der Befunde schlagen Otte et al. (2015) eine Optimierung in Form einer Ausweitung der Schutzzonen gegenwärtiger Helme vor. Die Ergebnisse bestätigen und konkretisieren teilweise jene von Bauer et al. (2015).

Im Rahmen des gleichen Projekts der Veröffentlichung von Otte et al. (2015), führten Willinger, Hallidin, Bogerd, Deck und Fahlstedt (2015) weitere Untersuchungen durch. Die Aufgabe ihrer Arbeitsgruppe war die Rekonstruktion realer Unfälle verschiedener Länder und die Fusion der Ergebnisse biomechanischer Studien mit dem Ziel, neue Standards für Fahrradhelme zu entwickeln und die Schutzwirkung von Helmen zu verbessern. Willinger et al. (2015) schlagen auf Grundlage ihrer Untersuchungen vor, die Prüfnorm EN 1078 um drei tangentielle Aufpralltest zu ergänzen, in welchen der Winkel des Aufpralls 45° statt wie bisher im linearen Aufpralltest 90° beträgt und die Prüfgeschwindigkeit auf 6,5 m/s erhöht wird. Abbildung 113 stellt die vorgeschlagenen Tests schematisch dar. Sie schlagen außerdem vor, ein weiteres Maß zur Wiedergabe der Verletzungsschwere einzuführen. Bisher wird die Spitzenbeschleunigung beim Aufprall am Kopf gemessen; diese darf 250 g nicht übersteigen. Dieses eignet sich Willinger et al. (2015) zufolge jedoch nur für Schädelfrakturen. Wesentlich häufiger jedoch treten Hirnverletzungen auf. Für Hirnverletzungen sollte möglichst ein anderes Maß genutzt werden.



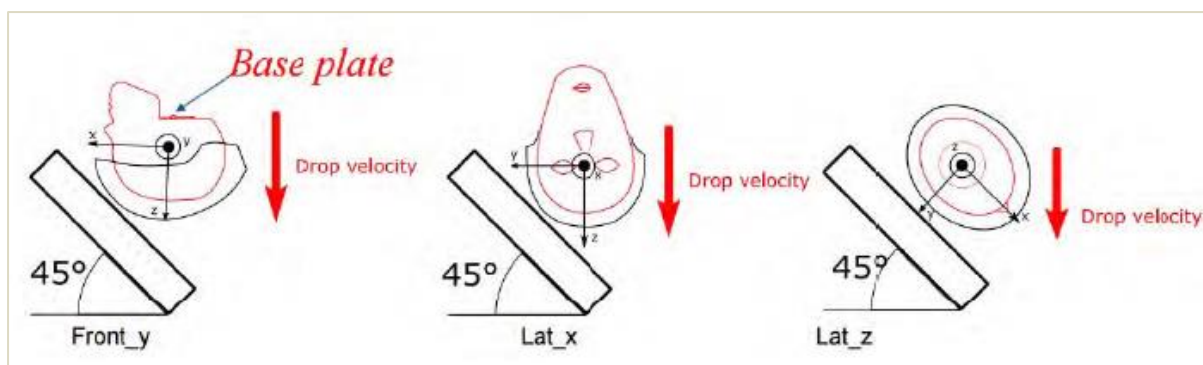


Abbildung 113: Von Willinger et al. (2015) vorgeschlagene tangentielle Aufpralltests zur Ergänzung der EN 1078.

### 5.3.2 Enforcement

Ob und wie die Helmpflicht tatsächlich befolgt wird, ist nicht in allen Ländern gleich gut dokumentiert; mitunter lassen sich keinerlei Informationen über das Enforcement finden (siehe auch Abschnitt 5.1.3, S. 223). Es liegt nahe, dass dieses in solchen Ländern gering oder gänzlich fehlend ist. Einen Überblick über Maßnahmen zur Kontrolle der Gesetzesbefolgung und über Strafen bei Nichtbefolgung liefert Tabelle 85. Das Enforcement ist vor allem in den Ländern existent, in denen die Helmpflicht auch für strafmündige Personen gilt. Belege über ein konsequentes Enforcement liegen aus Teilen von Kanada und Australien vor.

Die Höhe des Bußgeldes variiert je nach Land zwischen 15 € und 100 €. Bei strafunmündigen Personen müssen zum Teil die Eltern haften, oftmals jedoch nur dann, wenn sie über das Vergehen ihrer Kinder informiert waren. In der praktischen Umsetzung dürfte dies vermutlich bedeuten, dass sie zu dem Zeitpunkt in Begleitung ihrer Kinder sein müssten. Eine andere Variante, der Ahndung bei Kindern, ist das Aussprechen einer Verwarnung oder das Informieren der Eltern. In der kanadischen Provinz Nova Scotia darf bei einem Verstoß sogar das Fahrrad für 30 Tage beschlagnahmt werden.

Tabelle 85: Enforcement der Helmpflicht in den einzelnen Ländern.

| Land                         | Zielgruppe Gesetz                                                | Enforcement                                                                                                                |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Australien                   | alle                                                             |                                                                                                                            |
| Australian Capital Territory |                                                                  | nur sporadisch                                                                                                             |
| New South Wales              |                                                                  | Bußgeld: ca. 100 €; in den meisten Gegenden konsequent vollstreckt                                                         |
| Northern Territory           | außer Personen > 17 J. auf Fuß- oder Radwegen abseits der Straße |                                                                                                                            |
| Queensland                   |                                                                  | Bußgeld: 50 €; für 10-16-Jährige erst nach 3 Vergehen fällig: erst Verwarnung, dann Mahnung; pro Jahr etwa 23000 gemeldete |

| <b>Land</b> | <b>Zielgruppe Ge-<br/>setz</b> | <b>Enforcement</b>                                                                                                                                            |
|-------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |                                | Verstöße                                                                                                                                                      |
|             | South Aus-<br>tralia           | Bußgeld: Höhe unbekannt; in den meisten Gegenden konse-<br>quent vollstreckt                                                                                  |
|             | Tasmanien                      | zumindest in den meisten Gegenden konsequent vollstreckt                                                                                                      |
|             | Victoria                       | Bußgeld: 100 €; Kinder: schriftliche Mitteilung an die Eltern;<br>wird konsequent vollstreckt: jährlich etwa 20000 Bußgelder                                  |
|             | Western<br>Australia           |                                                                                                                                                               |
| Brasilien   | alle                           | Keine Strafe                                                                                                                                                  |
| Chile       | alle nur innerstäd-<br>tisch   |                                                                                                                                                               |
| Estland     | < 16                           | Bußgeld: 15-35 €                                                                                                                                              |
| Finnland    | alle                           | Keine Strafe                                                                                                                                                  |
| Island      | < 15                           | Keine Strafe                                                                                                                                                  |
| Israel      | < 18                           | Die meisten Radfahrer tragen keinen Helm, Enforcement ver-<br>mutlich nicht existent                                                                          |
| Japan       | < 13                           | Keine Strafe                                                                                                                                                  |
| Kanada      |                                |                                                                                                                                                               |
|             | Alberta                        | < 18<br>Bußgeld: 48 €                                                                                                                                         |
|             | British<br>Columbia            | alle<br>Bußgeld: 18 €, Kinder < 16 Jahre: Eltern haften, sofern ihnen der<br>Verstoß bewusst war; vermutlich konsequent vollstreckt                           |
|             | New<br>Brunswick               | alle<br>Bußgeld für Personen > 15 Jahre: 15 €                                                                                                                 |
|             | Nova Scotia                    | alle<br>Bußgeld: mindestens 17 €; Kinder < 16 Jahre: Eltern haften,<br>sofern ihnen der Verstoß bewusst war; Fahrrad darf für 30 Tage<br>beschlagnahmt werden |
|             | Ontario                        | < 18<br>Bußgeld: 74 €; Kinder < 16 Jahre: Eltern haften; kein Enforce-<br>ment und keine Belege, dass Strafen erteilt werden                                  |

| <b>Land</b>          | <b>Zielgruppe Gesetz</b>                          | <b>Enforcement</b>                                                                                                                                           |
|----------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prince Edward Island | alle                                              | Bußgeld: 35-70 €; Kinder < 16 Jahre: Eltern haften, sofern ihnen der Verstoß bewusst war                                                                     |
| Kroatien             | < 16                                              | Bußgeld: 40 €                                                                                                                                                |
| Lettland             | < 12                                              |                                                                                                                                                              |
| Litauen              | < 18                                              |                                                                                                                                                              |
| Malta                | alle                                              |                                                                                                                                                              |
| Neuseeland           | alle                                              | Bußgeld: ca. 36 €, im Wiederholungsfall bis 700 €; Enforcement variiert zwischen Regionen und nach Einstellungen der Polizisten; fast jährlich Blitzaktionen |
| Österreich           | < 12                                              | Keine Strafe                                                                                                                                                 |
| Schweden             | < 15                                              | Strafe für Eltern mit Rad fahrenden Kindern ohne Helm: 50 €; keine Informationen über das Ausmaß des Enforcements                                            |
| Slowakei             | alle außerorts, < 15 zudem innerorts              | Bußgeld: mindestens 60 €                                                                                                                                     |
| Slowenien            | < 15                                              | Verwarnung                                                                                                                                                   |
| Spanien              | alle außerorts, < 18 zudem innerorts <sup>a</sup> | Bußgeld: bis 90 €; Enforcement ist sehr gering                                                                                                               |
| Südafrika            | alle                                              | Enforcement sehr selten, keine Priorität der Polizei                                                                                                         |
| Südkorea             | < 13                                              |                                                                                                                                                              |
| Tschechien           | < 18                                              | kein Enforcement, keine Priorität der Polizei                                                                                                                |
| USA, 38 Bundesländer | meist < 16                                        | meist nur geringes Bußgeld (z. B. Kalifornien: 22 €), mündliche oder schriftliche Verwarnung, Beratung                                                       |

<sup>a</sup> nicht bei langen Steigungen und hohen Temperaturen

*Quellen:* BHRF (o. J., a); BHSI (2015); Kidd (2014); Thompson (2013); Calgary Police Service (2014); DVR (2015); Eltis (2015); bmvit (2015)

Die Wahrnehmung des Enforcements durch die Zielgruppe ist abhängig von der Höhe des Bußgeldes sowie der Wahrscheinlichkeit der Ahndung (siehe auch Kapitel 3.1.5, S 73).

Für strafmündige Personen kann davon ausgegangen werden, dass das Bußgeld für einen Verstoß gegen die Helmpflicht vergleichbar ist mit anderen Ordnungswidrigkeiten beim Fahrradfahren. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass das Nichttragen eines Helmes nicht mit einer Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer einhergeht. Tabelle 86 gibt einen Überblick über verkehrsrechtliche Vergehen und deren Bußgeldhöhe gemäß dem aktuellen Bußgeldkatalog (VFBV, 2015a).

*Tabelle 86: Ahndung von Vergehen beim Radfahren.*

| <b>Kategorie</b> | <b>Vergehen</b>                                                                                             | <b>Bußgeld</b> | <b>Punkte</b> |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|
| Abbiegen         | Missachtung der Vorfahrt an einer Kreuzung ohne Behinderung, Gefährdung oder Sachbeschädigung               | 15 €           | -             |
| Beleuchtung      | Fahren ohne oder mit defektem Licht ohne Gefährdung, Sachbeschädigung oder Unfall                           | 20 €           | -             |
| Handy            | Benutzung eines Handys beim Radfahren                                                                       | 25 €           | -             |
| Rote Ampel       | Fahren über eine rote Ampel ohne Gefährdung, Sachbeschädigung oder Unfall                                   | 60 €           | 1             |
|                  | Fahren über eine Ampel, die länger als 1 Sekunde Rot ist, ohne Gefährdung, Sachbeschädigung oder Unfall     | 100 €          | 1             |
| Straßenbenutzung | Nichtbenutzung eines ausgeschilderten Radweges ohne Behinderung, Gefährdung, Sachbeschädigung oder Unfall   | 20 €           | -             |
|                  | Befahren eines ausgeschilderten Radweges in falscher Richtung ohne Gefährdung, Sachbeschädigung oder Unfall | 20 €           | -             |
|                  | Missachtung des Rechtsfahrgebotes ohne Behinderung, Gefährdung oder Unfall                                  | 15 €           | -             |
|                  | Unerlaubtes Fahren auf dem Gehweg oder in der Fußgängerzone ohne Behinderung, Gefährdung oder Unfall        | 15 €           | -             |

*Quellen:* VFBV (2015a)

Wie hoch das Risiko einer Geldbuße ist, wie wahrscheinlich es also ist, dass ein Radfahrer beim Fahren ohne Fahrradhelm ertappt wird, ist abhängig von der Häufigkeit von Kontrollen. Es ist davon auszugehen, dass das Fahren mit Helm ebenso häufig wie andere strafrechtliche Vergehen im Radverkehrsbereich kontrolliert wird, da vielfach alle Vergehen im Zuge einer Kontrollaktion gemeinsam überprüft werden. Die Häufigkeit und das Ausmaß von Kontrollen variiert je nach Stadt oder Region in Deutschland. In einigen Regionen werden in regelmäßigen Abständen Schwerpunktaktionen durchgeführt, bei denen eine Vielzahl von Polizisten an meist einem oder wenigen Tagen gezielt Radfahrer beobachten und überprüfen.

### 5.3.3 Fahrradverleihsysteme

Fahrradverleihsysteme, auch Bikesharing-Systeme genannt, gewinnen in den letzten Jahren nicht nur in Deutschland, sondern weltweit zunehmend an Bedeutung. Abbildung 114 zeigt das Vorkommen von Bikesharing-Systemen im Jahr 2012. Danach gibt es die meisten Verleihräder in China, gefolgt von Europa.

In Deutschland ist *Call a Bike* mit Standorten in 16 Städten und über 8.500 Fahrrädern der größte Bikesharing-Anbieter. Zweitgrößter Anbieter ist *Nextbike* (Witschel & Souren, 2014). Zusammen mit weiteren kleineren Betreibern besitzt Deutschland im Ländervergleich die drittmeisten Bikesharing-Systeme (Stand: 2011). Im Jahr 2014 gab es insgesamt etwa 1.700 Stationen mit zusammen beinahe 18.000 Leihrädern (ACE, 2014). Dies zeigt, wie beliebt das Konzept des Fahrradleihens ist.

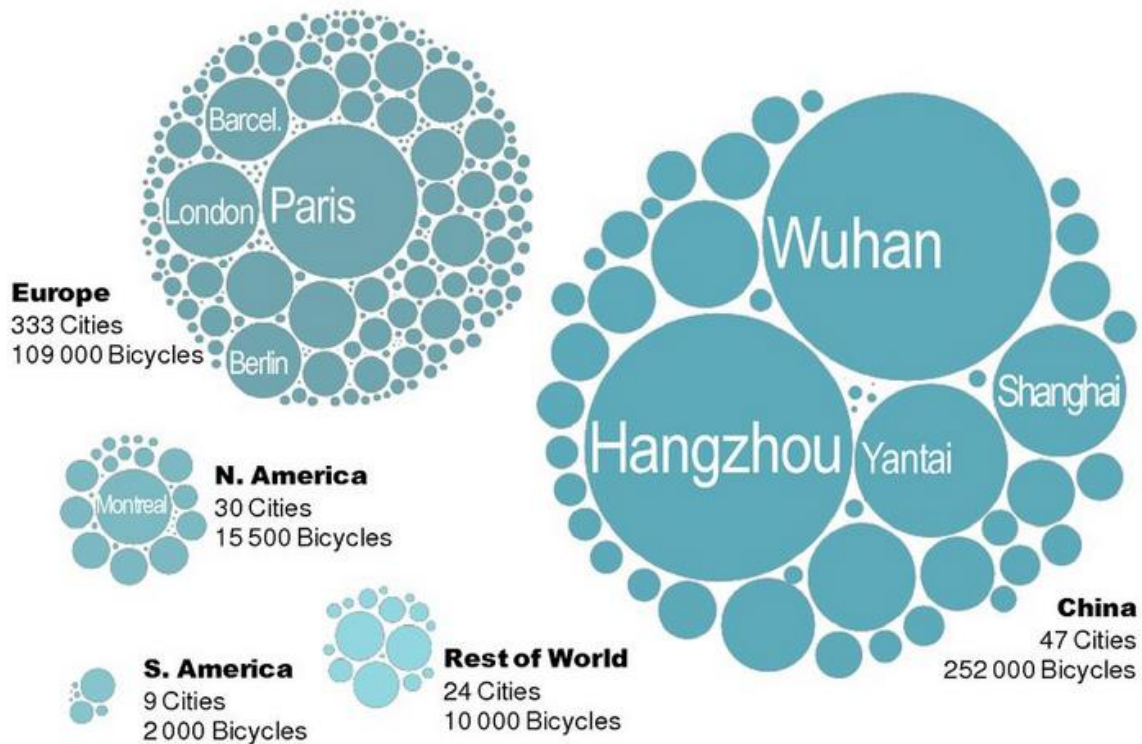


Abbildung 114: Weltweites Vorkommen von Bikesharing Systemen im Jahr 2012 (OECD/International Transport Forum, 2013).

Existiert in einem Land eine Helmpflicht, gilt diese bisher auch für Leihfahrräder. Legt man die Helmbeschaffung in die Verantwortung der Leihenden, wäre ein spontaner Nutzen der Systeme nicht mehr möglich. Gerade dies ist jedoch die besondere Qualität der Bikesharing-Systeme und entscheidend dafür, dass diese ihre Funktion ausfüllen und Kunden anziehen können. Damit eine mögliche Helmpflicht den Fahrradverleihsystemen nicht ihre Existenzgrundlage entzieht, müssen diese mit bedacht werden.

Eine Möglichkeit wäre die Ausnahme von Fahrradverleihsystemen von der Helmpflicht. Eine andere Möglichkeit wäre die Bereitstellung von Fahrradhelmen. Letzteres ist jedoch mit organisatorischen, finanziellen und hygienischen Schwierigkeiten verbunden.

Es werden im Folgenden Lösungskonzepte aus ausgewählten Ländern, in denen bereits eine Helmpflicht für das Radfahren existiert, vorgestellt. Dabei werden ausschließlich jene Länder betrachtet, die eine Helmpflicht für alle Radfahrer besitzen. Da hauptsächlich Erwachsene Nutzer von Leihrädern sind und bei einigen Systemen (z. B. *CityCycle* in Brisbane) ein Mindestalter für das Leihen vonnöten ist, dürften sich in Ländern mit Helmpflichten ausschließlich für Kinder keine größeren Probleme durch die Pflicht ergeben.

Mitte 2010 wurden in Melbourne und Brisbane Fahrradverleihsysteme eröffnet. *CityCycle* in Brisbane bietet bei Registrierung Helme zum Verkauf. Sie können zudem zusammen mit dem Fahrrad, an dem sie befestigt sind, geliehen werden (*CityCycle*, o. J.). Letzteres wurde erst einige Zeit nach Eröffnung eingeführt. Diese Neuerung führte zu einem Anstieg der Nutzung des Systems, jedoch gingen auch regelmäßig zahlreiche Helme verloren, die ersetzt werden mussten (Feeney, 2012). Zusammen

mit Vandalismus und Verschleiß führte dies zu einem wöchentlichen Verlust von 26.000 € (Whitecross, 2012). Bei *Melbourne Bike Share* mussten Helme zu Beginn selbst mitgebracht werden. Vorrangig aus Sicherheitsgründen wurden sie zunächst nicht bereitgestellt; so hätten sie nach jeder Nutzung auf Schäden kontrolliert werden müssen (Gillham, 2014). Da das System schlecht angenommen wurde und hohe Verluste entstanden, führte die Regierung von Victoria im Oktober 2010 einen Helmautomaten ein. An diesem kann für umgerechnet 3,50 € ein Helm gekauft werden. Bei Rückgabe des Helms werden dem Nutzer 2 € zurückerstattet. Die Helme werden anschließend desinfiziert und weiter verliehen (Gillham, 2014). Laut *Melbourne Bike Share* (2010) verfügt heute jedes Rad über einen kostenlosen Leihhelm, der am Fahrrad befestigt ist. Melbourne und Brisbane haben weltweit die geringste Bikesharing-Nutzung. Sydney sah den Grund dafür hauptsächlich in der Existenz der Helmpflicht und hat daher im März 2012 beschlossen, kein Bikesharing-System einzuführen, solange es dafür keine Ausnahme vom Gesetz gibt (Gillham, 2014).



Abbildung 115: HelmetHub: Automat zum Leihen von Helmen. Quelle: <http://cdn1.bostonmagazine.com/wp-content/uploads/2013/05/b1801f4e7de2adc9b9ad728000b3b175-original.jpg>

Helsinki verfügte vor einigen Jahren über das Fahrradverleihsystem *CityBikes*. Dieses finanzierte sich ausschließlich durch Werbung auf den Rädern. Ein Rad konnte gegen eine Kautions von 2 € geliehen werden. In anderen Städten auf der Welt funktionierte dieses Konzept sehr gut, in Helsinki jedoch nicht. Zudem war Vandalismus ein großes Problem. Das System war nicht länger tragbar und wurde daher im Jahr 2010 geschlossen (Mapes, 2015).

Israel führte im Jahr 2007 die Helmpflicht für alle Radfahrer ein. Im November 2008 plante Tel Aviv ein Fahrradverleihsystem zu installieren, sah jedoch Probleme durch das Gesetz. 2011 wurde die Helmpflicht dann für Personen über 17 Jahren in städtischen Gebieten aufgehoben. Erst daraufhin wurde das geplante Bikesharing-System eingerichtet (Gillham, 2014).

In Vancouver gibt es seit 2013 ein Fahrradverleihsystem (Gillham, 2014). Zum Entleihen von Helmen steht ein Automat (*HelmetHub*, siehe Abbildung 115) zur Verfügung. Dieser ist solarbetrieben und kann 36 Helme fassen. Nach Rückgabe der Helme werden diese zur Zentrale geschickt, dort gereinigt und erneut dem Automaten zugeführt (Hopper, 2013; Annear, 2013).

In Auckland wurde mit *Nextbike* im Jahr 2007 das erste Fahrradverleihsystem der Südhalbkugel in Betrieb genommen. Fahrradhelme wurden bereitgestellt. Im November 2010 jedoch musste das System beendet werden, da das Geschäftsmodell nicht länger tragbar war. Es wurden pro Tag etwa 50 Räder verliehen (Gillham, 2014). In Dublin, wo keine Helmpflicht existiert, wurden im etwa gleichen Zeitraum täglich über 7000 verliehen. Dublin war zu dieser Zeit mit 1,7 Millionen Einwohnern nur geringfügig größer als Auckland (1,4 Millionen) (BHRF, o. J., g).

Eine Helmpflicht scheint für die Einführung und den Betrieb von Fahrradverleihsystemen ein großes Hindernis zu sein. Heutzutage stellen zwar alle Systeme Helme kostenlos zur Verfügung, sei es durch

einen Automaten oder durch eine direkte Befestigung am Fahrrad. Offenbar ist das Nutzen eines mitunter nicht desinfizierten und möglicherweise unpassenden Helms für Leihende aber nicht reizvoll. Einige Städte entscheiden sich bewusst gegen die Einführung eines Bikesharing-Systems, da ihnen die Komplikationen in Zusammenhang mit der Helmpflicht bewusst sind. Manche Systeme mussten mangels ausreichender Nutzung ihren Betrieb einstellen.

Es ist zu erwarten, dass Deutschland bei Einführung einer Helmpflicht ohne Ausnahmen für Fahrradverleihsysteme auf ähnliche Probleme stoßen würde.

### 5.3.4 Alternativen zum Fahrradhelm

Die in Abschnitt Repräsentativen Telefonumfrage, S. 96, vorgestellte Umfrage ergab, dass häufige Gründe für den Verzicht auf einen Fahrradhelm eine nicht ansprechende Optik, ein unangenehmes Gefühl beim Tragen, Probleme mit der Frisur oder auch die Umständlichkeit des Transports bzw. Verstauens, wenn der Helm gerade nicht getragen wird, sind.

Schon heute gibt es zahlreiche Möglichkeiten, das Aussehen eines Helms so zu verändern, dass er auf den ersten Blick nicht als solcher zu erkennen ist. Auf einen Helm weisen zumeist lediglich die Befestigungsriemen hin. Die Auswahl solcher Helme umfasst eine Vielzahl gängiger Kopfbedeckungen für Sommer und Winter. Einen Eindruck hiervon soll Abbildung 116 vermitteln.



Abbildung 116: Optisch veränderte Fahrradhelme<sup>101</sup>.

<sup>101</sup> Quellen: [http://en.mestnokolo.si/kolesarske-celade/i\\_754\\_kolesarska-celada-yakkay-paris-black-oilskin](http://en.mestnokolo.si/kolesarske-celade/i_754_kolesarska-celada-yakkay-paris-black-oilskin), <http://2.bp.blogspot.com/-pa1Wye3QpqQ/UcC70VJpDOI/AAAAAAAAAJM/jUZD1uRTT4s/s1600/CaptuCOVERSre.JPG>, <http://www.helt-pro.com/media/thumbnails/3782/2881bf37.jpg>, <http://www.helt-pro.com/de/Produkte/Detail/dimitrij-aprint.html>, <http://www.helt-pro.com/de/Produkte/Detail/solveig-emma.html>, <http://www.helt-pro.com/de/Produkte/Detail/galina-noble-olive.html>



Bei einigen Helmen ist es möglich, das Cover zu wechseln, um das Aussehen des Helmes dem jeweiligen Kleidungsstil anzupassen. Die Hersteller ermöglichen mitunter ein individuelles Gestalten der Helme. Diese Helme sind etwas teurer als die bei den Berechnungen zugrunde gelegten günstigsten Helme. Entsprechende Modelle sind ab einem Preis von 50 Euro erhältlich.

Noch unauffälliger, da er nicht auf dem Kopf getragen wird, ist der Hövding 2.0 (Hövding, 2015). Dieser Airbag-Schal aus Schweden wird erst dann zu einem Kopfschutz, wenn es zu einem Unfall kommt (siehe Abbildung 117). Das Aufblasen dauert lediglich eine Zehntelsekunde. Die Entwickler von Hövding 2.0 werteten tausende simulierte Fahrradunfälle und erhobene Daten von normaler Radfahrtätigkeit aus, um einen Unfall charakterisierende Bewegungsmuster zu identifizieren. So soll der Airbag-Schal mittels eingebauter Sensoren einen Unfall von normalem Radfahren einschließlich dazugehöriger Situationen wie z. B. das Bücken zum Anbringen des Fahrradschlösses unterscheiden können. Hövding 2.0 ist CE-gezeichnet und erfüllt damit die gleichen Voraussetzungen wie gängige Fahrradhelme. Laut Hersteller soll er sogar einen größeren Bereich des Kopfes schützen als ein Standardhelm – er schützt neben dem Kopf auch Hals- und Nackenregionen. Er soll nach Herstellerangaben die beste Schockabsorption weltweit besitzen. Damit auch der Schal für den Einzelnen gut aussieht und zum Outfit passt, bieten die Hersteller verschiedene Überzüge an, die einfach mittels Reißverschluss gewechselt werden können. Ein Beispiel hierfür zeigt Abbildung 117. Diese Alternative zum klassischen Fahrradhelm gibt es schon seit 2011. Aktuell kann man den Airbag-Schal für 299 Euro erwerben (Stand 2015).



Abbildung 117: Hövding 2.0. Dieser Airbag-Helm wird wie in Schal getragen (links) und bläst sich bei einem Unfall auf (rechts)<sup>102</sup>.

Der schwedische Versicherer Folksam testete 18 CE-gezeichnete Fahrradhelme, unter denen auch der Hövding 2.0 und ein Helm mit Cover (Marke Yakkay) enthalten waren (Folksam, 2015). Es wurden vier verschiedene Aufpralltests durchgeführt. Einer davon war die Prüfung der Schockabsorption, die auch in der Norm EN1078 verpflichtend ist. Hierbei wurden die Helme mit einer

---

<sup>102</sup> Quelle: [http://unhyped.de/wp-content/uploads/2015/04/H %C3 %B6vding-2.0-Airbag-Fahrrad-Fahrradfahrer-Fahrradhelm-2.jpg](http://unhyped.de/wp-content/uploads/2015/04/H%C3%B6vding-2.0-Airbag-Fahrrad-Fahrradfahrer-Fahrradhelm-2.jpg)

Aufprallgeschwindigkeit von 5,42 m/s von 1,50 m Höhe auf eine horizontale Oberfläche fallengelassen. Die weiteren drei Tests wurden auf einer schrägen Oberfläche (45°) mit unterschiedlichen Aufprallpunkten (seitlich, oben, hinten) durchgeführt. Beim Test auf Schockabsorption lagen die am Prüfkopf gemessenen Beschleunigungen alle unter 250 g, der zulässigen Höchstgrenze nach der EN1078. Beim besten konventionellen Helm wurden 135 g gemessen, beim Yakkay 242 g und beim Hövding 2.0 nur 48 g. Ebenso übertraf der Hövding 2.0 die anderen Helme in den übrigen drei Tests, wobei sich der Yakkay jeweils im hinteren Bereich einordnete.

Eine weitere Alternative, die jedoch noch nicht auf dem Markt ist, ist der Morpher (Woolf, 2015). Er ist vorrangig für solche Radfahrer interessant, die aus Gründen der schlechten Verstaubarkeit auf einen Helm verzichten, denn dieser Helm ist zusammenklappbar (siehe Abbildung 118).



Abbildung 118: Der Fahrradhelm Morpher ist zusammenklappbar. Quelle: <http://www.popsi.com/article/technology/invention-awards-2014-stash-your-bike-helmet-briefcase>

Aufgrund seiner kompakten Form ist er potentiell gut für die Integration in den Alltag sowie für Helmautomaten geeignet. Es wird berichtet, dass Morpher so entworfen wurde, dass er alle relevanten Sicherheitsstandards erfüllt. Darauf getestet wurde er jedoch offenbar noch nicht; zumindest wird nicht angegeben, welcher Norm er gerecht wird. Dieser Helm hat schon als Prototyp drei internationale Innovationsauszeichnungen gewonnen. Man kann ihn derzeit (Stand 2015) zum Einführungspreis von umgerechnet etwa 90 € vorbestellen.

Einen weiteren faltbaren Helm, der die Norm EN 1078 erfüllt, bietet die Marke Carrera (Miller Optik GmbH, o. J.). Er kostet ebenso wie der Morpher 90 €.

Betrachtet man die Vor- und Nachteile der vorgestellten Alternativen, ist bei den Helmen mit wechselbarem Cover die Anpassbarkeit an unterschiedene Outfits optisch positiv hervorzuheben. Da sie sich jedoch vom Aufbau kaum von normalen Helmen unterscheiden, teilen sie sich auch viele Nachteile mit diesen. So kann es im Sommer sehr warm werden und das Problem der Verstaubarkeit bleibt bestehen.

Der Hövding 2.0 kombiniert die höchste Schockabsorption im Testzyklus mit einem zumindest in kalten Jahreszeiten unauffälligen Erscheinungsbild. Im Sommer bleibt der Kopf frei, wodurch eine unerwünschte Wärmeentwicklung im Kopfbereich und Probleme mit der Frisur ausbleiben;

Ein Problem ist der hohe Preis sowie der Umstand, dass er nur im aufgeladenen Zustand einsetzbar ist. Der Schal macht allerdings auf seinen geringen Ladestand aufmerksam. Weiterhin sei angemerkt, dass der Hövding 2.0 erst dann schützt, wenn er entfaltet ist. Dies setzt voraus, dass der Algorithmus zum Öffnen des Airbags einwandfrei funktioniert. Weiterhin schützt er nicht, wenn sich die Position des Radfahrers nicht verändert.

Ob die vorgestellten Helme eine Alternativen zum klassischen Fahrradhelm darstellen, wird sicher vom einzelnen Radfahrer abhängen. Neben den finanziellen Möglichkeiten spielen auch die unterschiedlichen Bedürfnisse eine Rolle: Manche Radfahrer haben vor allem Probleme mit dem Aussehen eines Fahrradhelmes, andere wiederum beschäftigt lediglich die schlechte Verstaubarkeit.

### 5.3.5 Befragung von Fahrradhelmhersteller und TÜV

Im Sommer 2015 wurden sämtliche Deutschen Helmhersteller sowie der TÜV Rheinland als Prüfinstanz der Fahrradhelme befragt. Wir stellten allen folgende Fragen:

- *Wie lange schätzen Sie die Haltbarkeit Ihrer Helme ein? D. h. wann empfehlen Sie, dass ein Helm, der ohne Zwischenfälle (Unfall) normal genutzt wurde, ausgetauscht werden sollte?*
- *Nach welchen Ereignissen - neben eindeutiger Beschädigung durch einen Unfall - sollte ein Helm ausgetauscht werden? Erleidet er z. B. schon Schäden wie Mikrorisse, wenn er beim Aufsetzen aus der Hand gleitet und auf einen harten Untergrund fällt?*
- *Sehen Sie bei aktuellen Helmstandards Sicherheitslücken? Sind Sie der Meinung, dass aktuelle Standards überarbeitet werden sollten?*
- *Sind teure Helme sicherer als sehr günstige (Voraussetzung: Alle Helme entsprechen einem anerkannten Standard)? Bei welchen Tests/Parametern schneiden sie besser ab?*
- *Nach wie vielen Jahren sollte man einen Helm erneuern?*
- *Ab wann verringert sich die Schutzwirkung eines Helmes, also z. B. schon, wenn er 2-mal aus 1 m Höhe runtergefallen ist oder ist das völlig unkritisch?*

Die Antworten fielen in etwa gleich aus:

Die Sicherheit geprüfter Helme ist gleich, ob sie 20€ oder 200€ kosten. Die Kostenunterschiede sind ausstattungs- und komfortbedingt. Es gibt keine verlässlichen Untersuchungen über die Lebensdauer von Helmen. Sie wird mehr durch den Verlust an hygienischem als an sicherheitstechnischem Standard determiniert. Die Hersteller empfehlen einen Wechsel nach 5 Jahren. Dies bedeutet aber nicht, dass ein Helm, der 10 Jahre im Schrank liegt, nicht mehr sicher ist. Die Sicherheit bleibt in der Regel auch bestehen, wenn der Helm ohne Inhalt auf den Boden fällt. Die Sicherheit eines Helmes wird durch den normalen Gebrauch nicht reduziert. Selbstverständlich sollen Helme ausgetauscht werden, wenn sie Risse, z.B. in Folge eines Unfalls, bekommen haben. Die Helmstandards werden als ausreichend angesehen.

## 6 Rechtliche Bewertung der Einführung einer Helmpflicht

### 6.1 Ausgangslage

#### 6.1.1 Rechtslage zur Helmpflicht bei Radfahrern

Die gesetzliche Lage in Bezug auf die Helmpflicht von Radfahrern ist – vermeintlich – eindeutig. Für das Fahren mit „normalen Fahrrädern“<sup>103</sup> gibt es keine gesetzliche Pflicht, einen Fahrradhelm zu tragen. Die gesetzliche Helmtragepflicht beschränkt sich im Straßenverkehr auf die Nutzer bestimmter Kraftfahrzeuge. Zentrale Norm hierzu ist § 21a Abs. 2 S. 1 StVO. In § 21a Abs. 2 StVO ist beim Lenken motorisierter Krafträder oder offener Kfz ab einer bauartbedingten Geschwindigkeit von 20 km/h eine Helmpflicht angeordnet, sofern nicht vorgeschriebene Sicherheitsgurte angelegt sind. § 21a StVO regelt die Pflicht zum Tragen von Sicherheitsgurten (Abs. 1) und Schutzhelmen (Abs. 2). Abs. 2 hat folgenden Wortlaut:

*§ 21a Abs. 2 StVO: „Wer Krafträder oder offene drei- oder mehrgliedrige Kraftfahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von über 20 km/h führt sowie auf oder in ihnen mitfährt, muss während der Fahrt einen geeigneten Schutzhelm tragen. Das gilt nicht, wenn vorgeschriebene Sicherheitsgurte angelegt sind.“*

§ 21a StVO knüpft an die Legaldefinition des Kraftfahrzeuges in § 1 Abs. 2 und Abs. 3 StVG an:

§ 1 II StVG (Wortlaut):

*„Als Kraftfahrzeuge im Sinne dieses Gesetzes gelten Landfahrzeuge, die durch Maschinenkraft bewegt werden, ohne an Bahngleise gebunden zu sein.“*

Wesentlich ist die Ergänzung in § 1 III StVG<sup>104</sup>, welche Fahrzeuge keine Kraftfahrzeuge sind:

§ 1 III StVG (Wortlaut):

*„Keine Kraftfahrzeuge im Sinne dieses Gesetzes sind Landfahrzeuge, die durch Muskelkraft fortbewegt werden und mit einem elektromotorischen Hilfsantrieb mit einer Nenndauerleistung von höchstens 0,25 kW ausgestattet sind, dessen Unterstützung sich mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit progressiv verringert und beim Erreichen einer Geschwindigkeit von 25 km/h oder früher, wenn der Fahrer im Treten einhält, unterbrochen wird. Satz 1 gilt auch dann, soweit die in Satz 1 bezeichneten Fahrzeuge zusätzlich über eine elektromotorische Anfahr- oder Schiebehilfe verfügen, die eine Beschleunigung des Fahrzeuges auf eine Geschwindigkeit von bis zu 6 km/h, auch ohne gleichzeitiges Treten des Fahrers, ermöglicht. Für Fahrzeuge im Sinne der Sätze 1 und 2 sind die Vorschriften über Fahrräder anzuwenden.“*

Seit 2006 besteht auch eine Helmpflicht für Fahrer und Beifahrer von Trikes und Quads. Die Pflicht zum Tragen eines Schutzhelmes ist bei diesen gesetzlichen Ausweitungen der Helmpflicht nicht auf das Fahrrad ausgedehnt worden. Für Fahrräder gibt es somit keine gesetzliche Helmpflicht. Damit

---

<sup>103</sup> Zum Sonderproblem E-Bikes, Pedelecs siehe S. 234.; vgl. auch Ziegenhardt, NJW\_Spezial 2016, 585

<sup>104</sup> Die Abänderung des § 1 Abs. 3 StVG erfolgte zum 21.6.2013.

scheiden ordnungsbehördliche Sanktionen bzw. auch das Verhängen von Bußgeldern gegen Fahrradfahrer, die ohne Helm unterwegs sind, aus.

Noch am Anfang steht die Diskussion, wie E-Bikes bzw. Pedelecs einzuordnen sind<sup>105</sup>. Letztlich geht es hierbei darum, ob diese „Gefährte“ als Fahrrad oder als Kraftfahrzeug einzuordnen sind. Ordnet man diese Gefährte als Fahrräder ein, so gibt es keine gesetzliche Helmpflicht.

Es ist damit als Zwischenergebnis festzuhalten, dass der Ordnungsgeber<sup>106</sup> bisher – bewusst – davon abgesehen hat, für Fahrräder eine Helmpflicht einzuführen.

## 6.1.2 Zivilrechtliche Sanktionen – Mitverschulden ?

Auch wenn es somit für als Fahrräder zu qualifizierende Fortbewegungsmittel keine Helmpflicht gibt, ist damit nicht die Frage nach zivilrechtlichen „Sanktionen“ im Schadensfall beantwortet. Es geht darum, ob gegenüber den Radfahrern, die ohne Helm fahren, verunfallen und sich verletzen, Abzüge von ihrem zivilrechtlichen Schadensersatzanspruch vorzunehmen sind.

Der juristische Ansatzpunkt für die Beantwortung ist die Vorschrift des § 254 Abs. 1 BGB, welche lautet:

*„Hat bei der Entstehung des Schadens ein Verschulden des Beschädigten mitgewirkt, so hängt die Verpflichtung zum Ersatz sowie der Umfang des zu leistenden Ersatzes von den Umständen, insbesondere davon ab, inwieweit der Schaden vorwiegend von dem einen oder dem anderen Teil verursacht worden ist.“*

Eine entsprechende Regelung enthält § 9 StVG:

*„Hat bei der Entstehung des Schadens ein Verschulden des Verletzten mitgewirkt, so finden die Vorschriften des § 254 BGB mit der Maßgabe Anwendung, dass im Fall der Beschädigung einer Sache das Verschulden desjenigen, welcher die tatsächliche Gewalt über die Sache ausübt, dem Verschulden des Verletzten gleichsteht.“*

Bei § 254 BGB, § 9 StVG handelt es sich um eine sog. Obliegenheit, d.h. es gibt keine Pflicht zum Handeln (hier: Tragen eines Fahrradhelmes), sondern nur in dem Fall, dass eine solche Obliegenheit bejaht wird, muss sich derjenige, der ihr nicht genügt (d.h. keinen Fahrradhelm trägt) eine Kürzung seines Schadensersatzanspruches gefallen lassen. Letztlich sieht u.a. der BGH diesen Grundsatz als Ausfluss von Treu und Glauben an<sup>107</sup>. Das heißt, dass derjenige, der sich nicht selbst gegen eine naheliegende Gefahr schützt, dann, wenn sich diese Gefahr realisiert, sich seine mangelnde Sorgfalt zumindest teilweise entgegenhalten lassen muss. Für die Zurechnung eines Mitverschuldens genügt es daher, wenn der Geschädigte diejenige Sorgfalt außer Acht gelassen hat, die ein ordentlicher und verständiger Mensch in eigenen Angelegenheiten zur Vermeidung eines Schadens anzuwenden pflegt<sup>108</sup>. Die Frage, ob das Tragen eines Fahrradhelmes für Fahrradfahrer eine solche Obliegenheit darstellt, die dann über § 254 BGB bei der Beurteilung eines Schadensersatzanspruches des Radfah-

---

<sup>105</sup> Vgl. dazu Kapitel 6.9, S. 293.

<sup>106</sup> Nach § 6 StVG ist dies der Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung mit Zustimmung des Bundesrates.

<sup>107</sup> BGH, VI ZR 152/78; VI ZR 152/78 – venire contra factum proprium.

<sup>108</sup> BGH VersR 1990, 1362.

thers bei einer Verletzung Bedeutung hat, wird in Rechtsprechung und Literatur oft und kontrovers diskutiert<sup>109</sup>.

## 6.2 Das juristische Meinungsbild zum Fahrradhelm und § 254 BGB

### 6.2.1 Das Urteil des BGH vom 17.6.2014 und seine Auswirkungen

Aktuell und für die juristische Diskussion ein „Meilenstein“ ist die Radfahrerhelm-Entscheidung des BGH vom 17.6.2014<sup>110</sup>. Mit diesem Urteil hat der BGH wesentliche Grundsätze für eine „normale“ Fahrradfahrsituation mit einem sog. Citybike aufgestellt.

**Der Sachverhalt** (gekürzt): Die Klägerin begehrt Schadensersatz aus einem Verkehrsunfall, der sich am 7.4.2011 ereignete. Sie befuhr gegen 15:45 Uhr mit ihrem Fahrrad die C.-Straße in G. Am rechten Fahrbahnrand parkte die Beklagte zu 1) mit ihrem bei der Beklagten zu 2) haftpflichtversicherten Pkw. Die Beklagte zu 1) öffnete unmittelbar vor der sich nähernden Klägerin die Fahrertür. Die Klägerin konnte nicht mehr ausweichen, prallte gegen die Tür, stürzte zu Boden und fiel auf den Hinterkopf. Dabei zog sich die Klägerin, die keinen Fahrradhelm trug, schwere Schädel-Hirnverletzungen zu. Die Haftung der Beklagten für das Unfallereignis steht außer Streit. Die Beklagten lasteten der Klägerin ein Mitverschulden von 50 % an, weil diese keinen Helm getragen hat.

**Das Ergebnis des BGH:** Während das OLG Schleswig in einer vielbeachteten Entscheidung vom 5.8.2011<sup>111</sup>, die auch durch die nichtjuristische Presse ging, im Rahmen der Abwägungen zur Höhe des Schmerzensgeldes ein Mitverschulden durch das Nichttragen in Höhe von 20 % angenommen hatte, sprach der BGH der Radfahrerin die Entschädigung ohne Kürzung zu.

Der BGH stellt in der Entscheidung den allgemeinen Rechtsgedanken des Mitverschuldens gem. § 254 BGB dar. Da die Selbstgefährdung und auch die Selbstschädigung in unserer Rechtsordnung nicht verboten ist, geht es im Rahmen des § 254 BGB nicht um eine rechtswidrige Verletzung einer gegenüber einem anderen oder gegenüber der Allgemeinheit bestehenden Rechtspflicht, sondern nur um einen Verstoß gegen Gebote der eigenen Interessenwahrnehmung, also um die Verletzung einer sich selbst gegenüber bestehenden Obliegenheit<sup>112</sup>. Die Anspruchsminderung beruht auf der Überlegung, dass jemand, der diejenige Sorgfalt außer Acht lässt, die nach Lage der Sache erforderlich erscheint, um sich selbst vor Schaden zu bewahren, auch den Verlust oder die Kürzung seiner Ansprüche hinnehmen muss<sup>113</sup>, weil es im Verhältnis zwischen Schädiger und Geschädigten unbillig erscheint, dass jemand für den von ihm erlittenen Schaden trotz eigener Mitverantwortung vollen Ersatz fordert<sup>114</sup>. Eine Anspruchskürzung hängt somit nicht davon ab, dass der Geschädigte eine Rechtspflicht verletzt hat. Insbesondere ist kein Verstoß gegen eine gesetzliche Vorschrift<sup>115</sup> oder eine andere Verhaltensanweisung (z. B. Unfallverhütungsvorschriften) erforderlich<sup>116</sup>.

---

<sup>109</sup> Vgl. nur: Huber, NZV 2014, 489 ff; Scholten, SVR 2012, 161 ff.

<sup>110</sup> VI ZR 281/13 = NZV 2014, 399 = NJW 2014, 2493 m. Anm. Kettler; r+s 2014, 422; VersR 2014, 974; Zfs 2014, 496 m. Anm. Diehl; DAR 2014, 458; JZ 2014, 1166; MDR 2014, 1166; Besprechung Mäsch in JuS 2015, 455; Hamacher in IBR 2014, 4087.

<sup>111</sup> OLG Schleswig, r+s 2013, 353 = NJW-Spezial 2014, 522.

<sup>112</sup> BGH NJW 2010, 927; BGH NJW 1997, 2234; BGH VersR 2000, 474.

<sup>113</sup> BGH r+s 2014, 422 f,

<sup>114</sup> BGH r+s 2014, 422 m. Hinweis auf die st. BGH-Rechtsprechung.

<sup>115</sup> BGH NJW 1979, 980.

<sup>116</sup> BGH NJW 1983, 1380.

Ein Mitverschulden des Verletzten iSv § 254 BGB ist somit bereits dann gegeben, wenn dieser diejenige Sorgfalt außer Acht lässt, die ein ordentlicher und verständiger Mensch zur Vermeidung eigenen Schadens anzuwenden pflegt<sup>117</sup>. Danach hätte es für eine Mithaftung und für einen Abzug von dem Schadensersatzanspruch ausgereicht, wenn für Radfahrer das Tragen von Schutzhelmen zum Unfallzeitpunkt im Jahr 2011 nach allgemeinen Verkehrsbewusstsein zum eigenen Schutz erforderlich war.

Dieses für die Zurechnung eines Mitverschuldens erforderliche allgemeine Verkehrsbewusstsein zum Tragen eines Helmes zum eigenen Schutz wurde vom BGH im Urteil vom 17.6.2014<sup>118</sup> für den Unfallzeitraum 2011 nicht festgestellt. Nach der BGH-Rechtsprechung reichen das Verletzungsrisiko und die Kenntnis davon nicht aus. Der BGH bezieht sich (S. 9 des Urteiles) auf eine Entscheidung aus dem Jahre 1974, bei der es um die Frage des Mitverschuldens eines Mopedfahrers ging, der eine Kopfverletzung bei einem Unfall erlitt, weil er keinen Helm trug<sup>119</sup>. Auch damals wurde für den Unfallzeitpunkt das erforderliche Bewusstsein für die Zurechnung eines Mitverschuldens verneint. In seinem Urteil 1979 bezog sich der BGH auch auf statistische Erhebungen. Aber auch diese ergaben keine Benutzerhäufigkeit, die ausgereicht hätte, von einer allgemeinen Überzeugung auszugehen.

*„... Ohne solche zureichend verlässlichen Unterlagen könne von einer allgemeinen Überzeugung, dass es für einen ordentlichen und gewissenhaften Mopedfahrer zum eigenen Schutz in jedem Falle erforderlich sei, auf seinen Fahrten einen Schutzhelm zu tragen, so lange nicht gesprochen werden, als selbst der Verordnungsgesetzgeber, von dem zu dieser Frage gewissenhafte Überlegungen und Nachforschungen erwartet werden könnten, noch Ende 1975 die einschlägigen Gefahren relativiert und die Anordnung entsprechender Anschaffungen der Mopedfahrer im Hinblick darauf noch als unzumutbar angesehen habe ...“*

Wir haben diese Passage aus dem BGH-Urteil aus dem Jahre 1979 deshalb wörtlich zitiert, weil diese Grundsätze auch für das aktuelle Urteil 2014 für den BGH ausschlaggebend waren. Neben Statistiken spielt es auch eine Rolle, dass sich der Ordnungsgeber bzw. die Entscheidungsträger nicht für eine Helmpflicht für Radfahrer ausgesprochen haben. So führt der BGH an, dass der Arbeitskreis IV des 47. Verkehrsgerichtstages 2009 unter Nr. 6 folgendes empfohlen hat:

*„Teilnehmern am Radfahrverkehr wird das Tragen eines Helmes sowie dringend der Abschluss einer Haftpflichtversicherung empfohlen.“*

Gleichwohl hat der Ordnungsgeber bislang bewusst davon abgesehen, eine Helmpflicht für Radfahrer einzuführen. Der BGH beruft sich darauf, dass die Bundesregierung noch im Jahre 2012 auf eine kleine Anfrage von Abgeordneten und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN zur Verkehrssicherheit im Radverkehr erklärt hat, dass die Freiwilligkeit des Tragens eines Fahrradhelmes der Ansatz des gerade verabschiedeten Verkehrssicherheitsprogrammes sei<sup>120</sup>. Auch die jetzige Bundesregierung formuliert im Koalitionsvertrag „Deutschland Zukunft gestalten“<sup>121</sup> zum Thema Fahrradverkehr, darauf hinwirken zu wollen, dass deutlich mehr Fahrradfahrer Helm tragen. Zu Recht weist der BGH darauf hin, dass solche Aussagen u.U. in der Zukunft die Akzeptanz im Sinne eines allgemeinen Sicherheitsbewusstseins erhöhen könnten. Ein Beleg dafür, dass dies bereits 2011 der Fall sei, ist

<sup>117</sup> BGH r+s 2014, 422; BGH NJW 1953, 977; BGH NJW 1961, 1966.

<sup>118</sup> VI ZR 281/13.

<sup>119</sup> BGH, Urt. v. 30.1.1979, VI ZR 144/77.

<sup>120</sup> BT-Drucks. 17/8560, S. 13.

<sup>121</sup> Abrufbar unter [http://www.bundesregierung.de/Content/DE/\\_Anlagen/2013/2013-12-17-koalitionsvertrag.pdf?\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2013/2013-12-17-koalitionsvertrag.pdf?_blob=publicationFile&v=2), S. 45.

dies aber nicht. Das im Prozess vorgelegte Zahlenmaterial und Aussagen auch aus der Politik reichte dem BGH für das Unfalljahr 2011 nicht aus, die für § 254 BGB hohe Akzeptanz für das Tragen eines Fahrradhelmes festzustellen. Der BGH sah sich deshalb auch nicht dazu aufgerufen, hier als „Quasi-Gesetzgeber“ bei den gegenteiligen Aussagen der Politik eine solche Obliegenheit anzunehmen.

Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass es sich um einen Zivilprozess mit dem sog. Beibringungsgrundsatz gehandelt hat. Es erfolgt durch das Gericht keine Amtsermittlung, sondern es wird grundsätzlich auf der Basis der von den Parteien des Prozesses vorgetragenen Zahlenmaterials entschieden:

Im Jahre 2011 betrug der von der Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlichte Anteil der Fahrradfahrer, die einen Helm trugen über alle Altersgruppen hinweg innerorts 11 %<sup>122</sup>. Dies bedeutete zwar einen Anstieg gegenüber 2010 (9 %). Dieser Anstieg ist aber so klein und die Quote blieb auf einem so niedrigen Niveau, dass von einem allgemeinen Verkehrsbewusstsein 2011 nach BGH nicht gesprochen werden konnte.

Der BGH hat sich ausdrücklich nicht zu der Zeit nach 2011 geäußert. Gegenüber 2011 ist die Quote der erwachsenen Helmträger leicht angestiegen. Auch nach den Zahlen der Bundesanstalt für Straßenwesen tragen 2013/2014 15 % der Erwachsenen einen Helm. Überträgt man die BGH-Grundsätze auf die Zeit nach 2011 dürfte sich unseres Erachtens allerdings auf der Grundlage der BGH-Entscheidung keine andere Bewertung zu einem Mitverschulden ergeben. Dies gilt auch unter Berücksichtigung der Korrekturen an der Tragequote auf der Grundlage der in dieser Untersuchung ermittelten – höheren – Quoten (siehe Kap. 4.1.7.2, S. 129). Auch die Erkenntnisse der durch diese Studie ermittelten Zahlen werden noch nicht ausreichen, das erforderliche allgemeine Verkehrsbewusstsein für die Anwendung des § 254 BGB feststellen zu können.

## 6.2.2 Die Urteile der Instanzgerichte

### 6.2.2.1 OLG Celle

Zeitlich etwas vor dem BGH-Urteil erging eine weitere obergerichtliche Entscheidung. Das OLG Celle<sup>123</sup> setzte sich mit Urteil vom 12.2.2014 (14 U 113/13). ausführlich mit dem Urteil des OLG Schleswig auseinander und wich ausdrücklich von der dessen Entscheidung ab<sup>124</sup>. Das OLG Celle verneint eine allgemeine Helmpflicht für Radfahrer im Rahmen des § 254 BGB: Das Urteil ist sehr ausführlich begründet und spricht die wesentlichen Abwägungsgesichtspunkte an. Im Einzelnen zum OLG-Celle-Urteil:

Im Fall des OLG Celle waren zwei Radfahrer kollidiert. Der Kläger überholte die Beklagte, als diese nach links in ein Grundstück einbiegen wollte. Der Kläger, der keinen Fahrradhelm trug, erlitt schwere Kopfverletzungen. Das LG verteilte die Haftung zu je 50 %. Das OLG änderte ab und verurteilte die Beklagte dem Grunde nach zu 100 %.

---

<sup>122</sup> Bundesanstalt für Straßenwesen Forschung kompakt 6/12, veröffentlicht auf [www.bast.de](http://www.bast.de).

<sup>123</sup> Urteil vom 12.2.2014 – 14 U 113/13 = r+s 2014, 196; NZV 2014, 305; DAR 2014, 199 = NJW-Spezial 2014, 170.

<sup>124</sup> Urt. v. 5.6.2013 – 14 U 113/13 – Vorinstanz zu dem BGH-Urteil.



Neben Fragen der Verursachung des Unfalles (doppelte Rückschau etc.) verneinte das OLG insbesondere ein Mitverschulden des Klägers durch das Nichttragen eines Fahrradhelmes. Das OLG Celle begründet dies ausführlich auch unter Bezug auf die Rechtsprechung (OLG Hamm<sup>125</sup>; OLG Saarbrücken<sup>126</sup>, sowie OLG Düsseldorf<sup>127</sup>, dass eine Obliegenheit zum Tragen eines Helmes jedenfalls dann nicht besteht, wenn der Fahrer keine besonderen Risiken (sportliches Fahren, Rennen) eingeht. Wörtlich heißt es hierzu beim OLG:

*„Unter dieser Maßgabe ist ein Radfahrer aus Eigenschutzgesichtspunkten daher nur gehalten, einen Schutzhelm zu tragen, wenn er sich als sportlich ambitionierter Fahrer auch außerhalb von Rennsportveranstaltungen besonderen Risiken aussetzt oder infolge seiner persönlichen Disposition – etwa aufgrund von Unerfahrenheit im Umgang mit dem Rad oder den Gefahren des Straßenverkehrs – ein gesteigertes Gefährdungspotential besteht (Saarländisches OLG, Urt. v. 9.10.2007 – 4 U 80/07; OLG Düsseldorf, Urt. v. 12.2.2007, NJW 2007, 3075 ff)“*

Das OLG führt hierbei dasselbe Argument wie der BGH an, dass eine allgemeine Verkehrsauffassung für das Tragen von Sturzhelmen nicht festgestellt werden kann. Auch das OLG Celle bezieht sich auf die Erhebungen der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST), nach der im Jahr 2011 11 %, im Jahr 2012 13 % der Fahrradfahrer innerorts mit Helm unterwegs waren. Das OLG verweist auch auf das tägliche Straßenbild, in dem der sog. Alltagsfahrer das Fahrrad als schlichtes Fortbewegungsmittel ohne Helm benutzt.

Das OLG Celle geht auch auf andere Sportarten wie Reiten und Skifahren ein. Diese seien aber mit dem Radfahren nicht vergleichbar. Es handele dort um reine Hobbies, während das Fahrrad im Alltag als Beförderungs- und Transportmittel benutzt wird. Die Risiken beim Reiten (Tiergefahr) und auch beim Skilaufen unterscheiden sich im Übrigen von denen beim Radfahren deutlich<sup>128</sup>. Gerade bei Sportarten wie Reiten wegen der damit verbundenen Tiergefahr bzw. beim Skilaufen wegen der dort erzielten vergleichsweise hohen Geschwindigkeiten und weitgehend fehlender „Verkehrsregeln“ liegen spezifische Risiken vor, die sich von denen eines Fahrradfahrers – selbst wenn dieser mit einem Rennrad zu Trainingszwecken im Straßenverkehr unterwegs ist, dort aber ansonsten völlig unauffällig fährt<sup>129</sup> – deutlich unterscheiden. Soweit das OLG Celle<sup>130</sup>. Letztlich entspricht es der überwiegenden Auffassung, insbesondere der Rechtsprechung, dass die Grenze zu einer Mithaftung erst dann überschritten ist, wenn besondere Risiken von dem Radfahrer übernommen werden.

Nach Auffassung des OLG soll auch nicht hinreichend sicher erwiesen sein, dass Fahrradhelme in einer statistisch signifikanten Weise zur Abwendung von Kopfverletzungen beizutragen geeignet sind. Unter Hinweis auf Scholten<sup>131</sup> führt das OLG aus, dass das Ausmaß der Wirksamkeit von Fahrradhelmen jedenfalls schwierig zu qualifizieren sei. Das OLG zitiert weiter das LG Koblenz<sup>132</sup>, dass dem Tragen eines Fahrradhelmes allenfalls eine tendenzielle Schutzwirkung zuzuschreiben sei, was aus Sicht des OLG Celle eher gegen eine allgemeine Verpflichtung zum Tragen eines solchen Helmes

---

<sup>125</sup> NZV 2002, 129.

<sup>126</sup> Urt. v. 9.10.2007, 4 U 80/07.

<sup>127</sup> Urt. v. 12.2.2007, NJW 2007, 3075 ff.

<sup>128</sup> Hinweis auf LG Koblenz, Urt. v. 4.10.2010 – 5 O 349/09; OLG München, BeckRS 2012, 12391.

<sup>129</sup> Vgl. hierzu LG Koblenz, Urt. v. 4.10.2010 – 5 O 349/09.

<sup>130</sup> OLG Celle, NZV 2014, 308, li. Spalte.

<sup>131</sup> Mithaftung 50 VGT S. 65, 74.

<sup>132</sup> Urteil vom 4.10.2010 – 5 O 349/09.

im Sinne einer Obliegenheit spreche. Das OLG verweist wieder auf Scholten<sup>133</sup> wenn es ausführt, dass es noch keine zuverlässigen Zahlen über die Wahrscheinlichkeit gebe, in Deutschland Opfer eines Verkehrsunfalles mit einer Kopfverletzung zu sein. Der sich auf die Schutzwirkung von Helmen beziehende Teil der Argumentation kann vor dem Hintergrund der in dieser Studie dargestellten Erkenntnislage nicht geteilt werden.

Als weiteres Argument gegen ein Mitverschulden zieht das OLG Celle eine Parallele zu einem Unfall zwischen Radfahrer und Fußgänger, die beide infolge des Zusammenstoßes auf den Kopf stürzen. Für diesen Fall wäre dann selbst bei ansonsten gleichen Verursachungsanteilen von einem Mitverschulden und damit geringeren Ersatzansprüchen des keinen Schutzhelm tragenden Fahrradfahrers auszugehen, obwohl ein solcher beim Fußgänger den Eintritt schwerer Kopfverletzungen möglicherweise in gleicher Weise verhindert hätte wie beim Radfahrer<sup>134</sup>.

Das OLG Celle kommt dann zu folgendem Abwägungsergebnis:

*„...Der Senat folgt deshalb der von der bisherigen obergerichtlichen Rechtsprechung vertretenen Auffassung, dass sich ein Mitverschulden aus dem Nichttragen eines Fahrradhelmes mangels einer hierzu bestehenden gesetzlichen Verpflichtung jedenfalls im Allgemeinen nicht herleiten lässt, sondern ein solches lediglich unter Berücksichtigung des jeweiligen Einzelfalles bei einer besonders risikobehafteten Fahrweise des Radfahrers in Betracht kommen kann.“*

Hier geht das OLG sogar so weit, dass sich der Kläger, obwohl dieser als „sportlich ambitionierter“ Fahrer anzusehen ist und es sich um eine „Trainingsfahrt“ mit seinem Rennrad gehandelt hat, zum Unfallzeitpunkt keinen besonderen Risiken ausgesetzt hat. Eine besonders „rasante“ Fahrweise stand nicht fest und allein die gefahrene Geschwindigkeit auf abschüssiger Straße mit 25 bis 30 km/h reicht für die Annahme eines besonders gefahrträchtigen Fahrverhaltens nicht aus.

Letztlich ist dies – auch nach dem OLG – Tatfrage. Das Urteil zeigt aber, dass der Einwand eines Mitverschuldens durch das Nichttragen eines Helmes selbst bei sportlicherer Fahrweise nicht ohne weiteres von den Gerichten als Mitverschulden gewertet wird. Diese Wertung des OLG würde dann u.U. auch gegenüber Pedelec-Fahrern greifen, die regelmäßig auch nicht über den Bereich von 25 km/h, bei dem die Unterstützung aufhört, fahren. Nach dem Urteil des OLG Celle ist davon auszugehen, dass das OLG praktisch aus dem Gesichtspunkt des Nichttragens auch bei einem Pedelec-Fahrer keine besondere Risikoübernahme und daher auch kein Mitverschulden bejahen würde.

Die Konsequenz aus dem OLG Celle Urteil ist, dass außerhalb von besonders sportlichem Fahren mit dem damit verbundenen besonderen erhöhtem Risiko ein Mitverschulden ohne eine gesetzliche Helmtragepflicht bei der jetzigen Sachlage nicht angenommen werden wird.

Wie in den dargestellten Urteilen des BGH und der OLG's zitiert, hat es auch schon vorher weitere sog. Fahrradhelmurteile mit differenzierter Bewertung gegeben.

---

<sup>133</sup> Veröffentlichung des Referates von Scholten zum 50. VGT 2012, Mithaftung ohne Fahrradhelm – Zur Begründung einer allgemeinen Obliegenheit.

<sup>134</sup> Die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls als Fußgänger ist auf die gleiche Kilometerleistung bezogen etwa 2,5 mal kleiner als die eines Fahrradfahrers (siehe Tabelle 90, S. 374). Wenn man die Expositionszeit als Vergleich zugrunde legt (wie lang ist der Aufenthalt im Straßenverkehr) beträgt der Faktor 7,5. Wenn man noch eine Dunkelziffer von 70 % bis 80 % bei den Fahrradfahrern annimmt, würden sich diese Faktoren nochmals vervielfältigen (Faktor 3 bis 4). Allerdings könnte es auch Dunkelziffern bei den Fußgängerunfällen geben. Diese sind allerdings nicht bekannt.

Insbesondere das OLG Düsseldorf<sup>135</sup> wie auch das OLG Saarbrücken<sup>136</sup> haben im Grundsatz eine Grenzziehung zur Anwendung des § 254 BGB bei sportlicher Fahrweise gezogen. Die obergerichtliche Rechtsprechung ist hierzu aber nicht einheitlich. Während in früherer Zeit<sup>137</sup> die Auffassung vertreten wurde, dass der Vorwurf eines Mitverschuldens nicht erhoben werden kann, wird u.a. vom OLG Düsseldorf<sup>138</sup> und vom OLG Saarbrücken<sup>139</sup> nach der Art der Fahrradbenutzung differenziert. Diese OLGs stellen darauf ab, ob das Fahrrad als normales Fortbewegungsmittel oder als Sportgerät (Rennrad etc.) benutzt wird. Nur im letzteren Falle wird ein Mitverschuldenseinwand zugelassen.

Letztlich kann man zurzeit eine deutliche Tendenz dahin erkennen, dass – wenn überhaupt – nur bei einer sportlichen Fahrweise von den Gerichten eine Obliegenheit zum Tragen eines Fahrradhelmes bejaht wird. In den anderen Fällen, wo der Radfahrer sich im Straßenverkehr normal (nicht zu schnell oder rennmäßig) fährt, ist auch vor dem BGH-Urteil von April 2014 (außer eben dem OLG Schleswig) eine Mithaftung verneint worden (s.o.)<sup>140</sup>.

Anders urteilen teilweise die Gerichte bei sportlicher Fahrweise. So hat insbesondere das OLG München in seinem Urteil vom 3.3.2011<sup>141</sup> die Tatsache, dass der verletzte Radfahrer keinen Fahrradhelm getragen hat, mit dem LG als mitverschuldenserhöhend (von 1/3 auf 40 %) angesehen. Es handelte sich um einen sportlichen Fahrer (Rennrad, Klickpedale, Rennradkleidung). Das OLG hat diese Umstände auch im Rahmen eines Anscheinsbeweises für eine „sportliche Fahrweise“, die dann letztlich der Grund für die Anwendung des § 254 BGB war, angesehen. Auch in der Literatur überwiegt die Auffassung, dass die Zurechnung eines Mitverschuldens gem. § 254 BGB nur dann zur Anwendung kommen kann, wenn bei sportlicher Betätigung ohne Schutzhelm Rad gefahren wird<sup>142</sup>.

Darüber hinaus gibt es natürlich auch Urteile – auch schon vor dem BGH-Urteil – in denen eine Mitschuld verneint wurde. So aktuell vom AG Wesel<sup>143</sup>, dass ausgeführt hat, dass einen 72-jährigen, der auf dem Radweg bei dem Zusammenstoß mit einem anderen Radfahrer eine Kopfverletzung erleidet, wegen des fehlenden Fahrradhelms keine Mitschuld trifft. Auch das LG München<sup>144</sup> hat mangels Helmpflicht kein Mitverschulden für sog. Normalradler angenommen. Nach LG Koblenz<sup>145</sup> gilt dies sogar für einen Rennradfahrer auf einer Trainingsfahrt – so auch das OLG Celle (s.o.). Ebenfalls verneint das LG Itzehoe<sup>146</sup> ein Mitverschulden eines Rennradfahrers.

---

<sup>135</sup> OLG Düsseldorf, NZV 2007, 614, NJW 2007, 3075.

<sup>136</sup> OLG Saarbrücken, NJW-RR 2008, 266.

<sup>137</sup> OLG Karlsruhe, NZV 1991, 25; OLG Hamm, NZV 2001, 86; OLG Hamm, 2002, 129.

<sup>138</sup> NZV 2007, 619.

<sup>139</sup> NZV 2008, 202, 203.

<sup>140</sup> OLG Hamm, NZV 2001, 86; NZV 2002, 129; OLG Stuttgart, VRS 1997, 15; OLG Nürnberg, DAR 1991, 173; OLG Karlsruhe NZV 1991, 25; OLG Saarbrücken, NZV 2008, 202, 203.

<sup>141</sup> 24 U 384/10 = BeckRS 2012, 18086.

<sup>142</sup> MünchKomm-BGB/Oetker, § 254, Rn. 42.

<sup>143</sup> Urt. v. 9.1.2014, 5 C 56/13 = NZV 2014, 311.

<sup>144</sup> Urteil vom 7.3.2011 = SP 2011, 318 hat keine Helmpflicht für Normalradler abgenommen.

<sup>145</sup> Urteil vom 4.10.2010 = DAR 2011, 395.

<sup>146</sup> Urteil vom 30.4.2010 – 6 O 210/08.

## 6.3 Prognose der Entwicklung in der Rechtsprechung

### 6.3.1 Prognose weiterer Entscheidungen zum Mitverschulden bei Alltagsradfahren

Wie der BGH sich zu einem Mitverschulden stellt, wenn ein Fahrradhelm bei einer besonders sportlichen Fahrweise (erhöhte Risikoübernahme) nicht getragen wurde, ist nicht sicher zu prognostizieren. Im Urteil hat der BGH diese Frage angesprochen, es aber ausdrücklich offen gelassen. Insbesondere hat er hierzu auch kein sog. obiter dictum ausgesprochen. Dies belegt, dass der BGH sich für die Zukunft gerade nicht festlegen wollte. Dies wird zum einen schon dadurch deutlich, dass in der Entscheidung besonders hervorgehoben wird, dass das Urteil sich auf das Jahr 2011 beschränkt und damit gerade kein Präjudiz für zukünftige Fälle schaffen wollte.

Nach dem Urteil des BGH ist festzuhalten, dass ein Mitverschulden ein zumindest überwiegendes Verkehrsbewusstsein für die Notwendigkeit des Tragens eines Fahrradhelms voraussetzt. Hierfür stützt sich der BGH auch darauf, wie häufig ein Helm getragen wird. Das bedeutet, dass die Häufigkeit des Tragens ein sehr gewichtiges Indiz für die Bejahung/Ermittlung eines allgemeinen Bewusstseins zu der Notwendigkeit des Tragens eines Kopfschutzes ist<sup>147</sup>. Offen bleibt ab welchem Prozentsatz eine Änderung der Rechtsprechung zu erwarten ist. Da der BGH keine festen Prozentsätze angibt könnte es zu einer Auslegung wie bei den Beweisregeln der § 286 und § 287 ZPO kommen. Danach muss zwar keine „an Sicherheit grenzende Wahrscheinlichkeit“ nach § 286 ZPO vorliegen, sondern es dürfte ausreichen, wenn die Grenze der überwiegenden Wahrscheinlichkeit gem. § 287 ZPO überschritten wird. Auf der Basis der Rechtsprechung dürfte von einem entsprechenden Verkehrsbewusstsein nicht vor einer Quote im Bereich von 50 % gesprochen werden können. Es ist auch davon auszugehen, dass diese Quote deutlich über 50 % liegen müsste.

Insoweit würden auch neue Erkenntnisse zu einer Helmtragequote durchaus Bedeutung für zukünftige Entscheidungen haben. Überträgt man die Grundsätze für eine Anwendung eines Mitverschuldens gem. § 254 BGB auch auf die nun vorliegenden differenzierten Erkenntnisse in dieser Studie, so dürfte auch die nun festgestellte Quote derer, die einen Helm tragen, nicht für die Bejahung eines allgemeinen Verkehrsbewusstseins ausreichen.

Über die Helmtragequote hinaus spielen weitere Aspekte bei der Gesamtabwägung einer Rolle wie beispielsweise das Verhalten und die Positionierung des Gesetzgebers zur Frage einer Helmpflicht.

Die Situation ist anders als z.B. beim Skihelm, bei dem insbesondere nach dem „Althaus-Unfall“ ein völlig geändertes Sicherheitsbewusstsein zu beobachten war. Heute entspricht es der überwiegenden Rechtsprechung, bei einem Skiunfall ohne Helm und entsprechenden Kopfverletzungen eine Mithaftquote anzunehmen<sup>148</sup>.

### 6.3.2 Prognose weiterer Entscheidungen zum Mitverschulden bei Rennradfahren

Nach dem Urteil vom 2014 spricht einiges für die Zurechnung eines Mitverschuldens bei der Benutzung als Rennrad außerhalb der Alltagsnutzung. Dies gilt zumindest dann, wenn das Rennrad auch

---

<sup>147</sup> Siehe dazu ausführlich S. 212 f.

<sup>148</sup> Vgl. nur Jahnke in Burmann/Heß/Jahnke/Janker, Straßenverkehrsrecht, 24. Aufl. 2014; OLG München, DAR 2012, 335; OLG Schleswig, r+s 2013, 353; Döll, DAR 2014, 234; Heinemeyer, DAR 2012, 685.

„rennradmäßig“ benutzt wird. Dies wird man dann auch mit Hilfe der Tragestatistik begründen können. Überwiegend sind Fahrer in sportlicher Betätigung auch mit Helm unterwegs (siehe Ergebnisse der eigenen Telefonbefragung, Abbildung 61, S. 113). Bei Sportveranstaltungen (Radtouristik, Triathlon etc.) wird von den Veranstaltern das Tragen eines Helmes sogar vorgeschrieben. So schreibt das Radsport-Reglement der Union Cycliste Internationale (UCI 2005) in Kapitel III, Sektion 3, § 1 Ziff. 1.3.031 das Tragen des festen Sicherheitshelms bei Wettkämpfen und beim Training in den Disziplinen Bahn, Mountainbike, Querfeldein, Trial und BMX zwingend vor. Bei Straßenrennen besteht Helmpflicht. Für das Training auf der Straße wird das Tragen des festen Helms empfohlen. Nach Ziff. 12.3.2 Abs. 2 der Wettkampfbestimmungen für den Straßenrennsport des Bund Deutscher Radfahrer (BDR Ausgabe 04/2008) besteht für alle Teilnehmer an Rennveranstaltungen Helmpflicht. Nach Ziff. 5.1 Abs. 6 ist das Tragen eines Sturzhelms bei Wettkämpfen sowie im Querfeldeintraining zwingend vorgeschrieben, für das Training auf der Straße wird der Sturzhelm dringend empfohlen. Letztlich haben auch diese Regelungen dazu geführt, dass Rennradfahrer weit überwiegend mit Sturzhelm unterwegs sind. Insoweit spricht dann viel dafür, dass der BGH, sollte er über den Unfall eines Rennradfahrers bei einer rennradmäßigen oder sogar nur als sportliche zu deklarierende Fahrt mit Kopfverletzungen zu entscheiden haben, ein Mitverschulden annehmen wird. Mit dem „rennradmäßigen“ Fahren ist ein erhöhtes Risiko verbunden. Da im Rennradbetrieb aber überwiegend ein Helm getragen wird, läge damit auch das vom BGH in seiner Entscheidung für 2011 im normalen Citybikeverkehr „vermisste“ allgemeine Bewusstsein für die Anwendung des § 254 BGB vor. Dies dann mit der Begründung, dass im Rennradbetrieb fast durchgängig – eben ganz anders als im Alltagsverkehr – überwiegend ein Helm getragen wird.

Bei der Anwendung eines Mitverschuldens nur bei Rennradfahrern stellt sich dann aber das Problem, wie eine solche Benutzung festgestellt werden kann. Teilweise<sup>149</sup> wird dies an Hand von Indizien wie Rennradkleidung, Ausrüstung mit Klickpedalen sowie der Geschwindigkeit im Unfallzeitpunkt<sup>150</sup> festgestellt.

### 6.3.3 Mitverschulden bei besonders gefährdeten Personengruppen – Senioren:

Ein Aspekt der besonderen Gefährdungsübernahme besteht auch – zumindest nach der Statistik – für Senioren. Die auf die Fahrleistung bezogene Gesamtunfalllast ist bei Radfahrer älter als 65 Jahre und unter 80 Jahre um 42 % höher als die der 20-bis-65-Jährigen (Tabelle 20, S. 43). Bei den über 80-Jährigen ist der Unterschied noch weit höher. Berücksichtigt man daher den Aspekt der besonderen Gefährdung für eine Obliegenheit zum Tragen eines Helms (analog Rennradfahren), so könnte gegenüber dieser Personengruppe ein Mitverschulden gem. § 254 BGB begründet sein. Abgesehen von den tatsächlichen Schwierigkeiten, ab welchem Alter man bei Senioren die Obliegenheit beginnen lässt, ist nach der Argumentation des BGH auch hier nicht grundsätzlich von einem Mitverschulden auszugehen. Ein Vergleich mit der besonderen Risikoübernahme wie bei einer besonders gefährlichen sportlichen Fahrweise erscheint uns nicht möglich. Dies könnte nur im Einzelfall dann eingreifen, wenn Feststellungen dazu getroffen werden können, dass der Betroffene gar nicht in der Lage ist, sicher Fahrrad zu fahren. Dann liegt der Schwerpunkt der Beurteilung aber dabei, dass überhaupt Fahrrad gefahren wurde. Allein aus dem Umstand, dass man ab einem bestimmten Alter ohne Helm

<sup>149</sup> So u.a. das OLG München

<sup>150</sup> Diese kann u.U. durch ein unfallanalytisches Gutachten festgestellt werden. Auch können hierzu Zeugen (obwohl bei Unfallrekonstruktionen ein unsicheres Beweismittel) befragt werden.

Fahrrad fährt, führt nicht zu dem Einwand eines Mitverschuldens. Dies ist unabhängig von den tatsächlichen Schwierigkeiten im Einzelfall, eine solche besondere Risikoübernahme durch den Senior (ab welchem Alter?) festzustellen.

#### 6.3.4 Mitverschulden bei besonders gefährdeten Personengruppen – Kinder:

Kinder tragen viel häufiger als Erwachsene einen Helm. Bei Kindern unter 10 Jahren beträgt diese mit der Messmethode der BASt innerorts ca. 70 % (Wandtner, 2015). Ihnen gegenüber wäre daher – misst man der Tragequote die wesentliche Bedeutung zu – zumindest ein Mitverschuldenseinwand nach § 254 BGB nicht von vornherein ausgeschlossen<sup>151</sup>. Auf der Basis der Tragequote könnte dies dann bei älteren Kindern/ Jugendlichen allerdings nicht mehr eingewandt werden, da in dieser Altersklasse die Helmtragequote (nicht nur in Deutschland) drastisch einbricht (Wandtner, 2015). Dass dieser Vergleich – d.h. Anwendung von § 254 BGB nur bei kleinen Kindern – so nicht überzeugt, ist unseres Erachtens offenkundig. Allerdings ist nicht davon auszugehen, dass Gerichte auch nach der BGH-Entscheidung z.B. einem noch nicht 10-jährigen bei einem Unfall mit dem Rad mit einem anderen nicht motorisierten Verkehrsteilnehmer eine Mithaftung wegen des Nichttragens eines Helmes zurechnen würden.

#### 6.3.5 Zusammenfassung

Da somit das Trageverhalten das wesentliche Kriterium für die Ermittlung eines für § 254 BGB erforderlichen Verkehrsbewusstseins ist, würde in der Tendenz eine weitere Verbreitung des Fahrradhelmes für diejenigen, die ohne Helm einen Unfall erleiden, die zunehmende Wahrscheinlichkeit bedeuten, einem Mitverschuldensvorwurf gem. § 254 BGB ausgesetzt zu sein.

Die Grenze für die Zurechnung eines Mitverschuldens beginnt dann, wenn ein überwiegendes allgemeines Bewusstsein dafür, dass beim Radfahren ein Helm getragen wird, festgestellt werden kann. Die dafür maßgebliche Tragequote dürfte unseres Erachtens aber deutlich über 50 % liegen. Allerdings kann natürlich die intensive Diskussion über den Schutz durch einen Fahrradhelm dazu führen, dass sich ein entsprechendes Verkehrsbewusstsein, das auch für § 254 BGB ausreicht, entwickelt. Ohnehin nimmt auch die Berichterstattung über das Fahrrad zu und damit rückt auch der Fahrradhelm immer mehr in den Fokus. Die Entwicklung beim Skihelm zeigt im Übrigen, dass sich das erforderliche Verkehrsbewusstsein auch relativ schnell wandeln kann.

---

<sup>151</sup> § 828 Abs. 1 und Abs. 2 BGB: Deliktsfähigkeit erst ab 7 Jahren, im motorisierten Verkehr ab der Vollendung des 10. Lebensjahres.

## 6.4 Kritik an der BGH-Entscheidung

Die Kritik an dem BGH-Urteil setzt an der wesentlichen Bedeutung, die der BGH der Statistik gegeben hat, an. Kann die faktische Übung, die in der Statistik<sup>152</sup> zum Ausdruck kommt, so ausschlaggebend sein? Hier kritisieren u.a. Meier/Jocham<sup>153</sup> den BGH-Ansatz. Richtig ist, dass das Mitverschulden normativ ermittelt werden muss und allgemein „lockere Sitten“ z.B. auch nicht zu einer Verwässerung des Fahrlässigkeitsmaßstabes führen dürfen<sup>154</sup>. Der Umstand aber, dass gegebenenfalls nicht ausreichend Menschen vor dem Hintergrund der Zumutbarkeit eigener Schutzmaßnahmen einen Helm tragen, spricht noch nicht zwingend gegen eine Zurechnung gem. § 254 BGB. So führen Meier/Jocham<sup>155</sup> nicht zu Unrecht an, dass die Einsicht in ein vernünftiges selbstschützendes Verhalten nicht notwendig in ein entsprechendes Verhalten mündet. Gerade vor dem Hintergrund des § 242 BGB ist auch unseres Erachtens das Bewusstsein und nicht zwingend das tatsächliche Verhalten entscheidend. Allerdings kann<sup>156</sup> die Tragestatistik natürlich als ein wesentliches Indiz für ein entsprechendes Schutzbewusstsein als Grundlage des § 254 BGB herangezogen werden. Nur wer von der Schutzfunktion des Helmes überzeugt ist, trägt einen. Dies erst recht vor dem Hintergrund, dass es keine gesetzliche Helmpflicht und z.B. auch keinen Bußgeldtatbestand gibt. Der Helm wird daher aus der Erkenntnis des sinnvollen Selbstschutzes getragen. In Anbetracht anderer verlässlicher Daten scheint dieser Weg zur Ermittlung eines allgemeinen Bewusstseins angemessen und praktikabel.

Eine grundsätzliche Ablehnung eines Mitverschuldens findet sich in der zustimmenden Anmerkung von Kettler zu dem BGH-Urteil<sup>157</sup>. Kettler sieht aus mehreren Gründen kein Mitverschulden in der Nichtbenutzung eines Helmes. Zum einen würden Radfahrer nicht zu einer besonders gefährdeten Verkehrsteilnehmergruppe gehören<sup>158</sup>. Zweitens fehle es an dem objektiven Nutzen eines Helmes. Kettler meint<sup>159</sup>, dass die statistische Wirkungslosigkeit des Helmtragens beim Radfahrer international belegt sei. Dieses Argument von Kettler ist, wie in Kapitel 2.2, S. 24ff nachdrücklich darlegt, nicht haltbar.

Es würde auch an der Verhältnismäßigkeit des Gefahrenabwehrmittels fehlen. Das ständige Helmtragen sei wegen der extrem seltenen Unfälle unverhältnismäßig. Auch sei – hier greift Kettler die Argumentation des BGH auf – kein allgemeines Bewusstsein der betroffenen Verkehrskreise gegeben. In der Literatur ist ebenfalls eine überwiegende Meinung festzustellen, die sich gegen eine Kürzung gem. § 254 BGB ausspricht<sup>160</sup>.

---

<sup>152</sup> Soweit diese überhaupt statistisch aussagekräftig ist.

<sup>153</sup> VersR 2014, 1169.

<sup>154</sup> So auch BGH VersR 1952, 237; VersR 1957, 251.

<sup>155</sup> aaO VersR 2014, 1169.

<sup>156</sup> Dies spricht auch Huber, NZV 2014, 489 ff. an.

<sup>157</sup> NJW 2014, 2492.

<sup>158</sup> Was objektiv falsch ist (siehe Parameter in Tabelle 90, S. 372)

<sup>159</sup> Vgl. auch Kettler, NZV 2007, 39 mwN.

<sup>160</sup> Jahnke in FSA Gerda Müller, 2009, 396; Kettler, Recht für Radfahrer, 3. Aufl. S. 174 ff; Hufnagel, DAR 2007, 289, 292; Kettler, NZV 2007, 603.; Türpe VRR 2013, 404; a. A. allerdings Geigel/Knerr, Der Haftpflichtprozess, 26. Aufl. Kap.2 Rn. 58; Staudinger/Schiemann, § 254, 51.

### 6.4.1 Beweis

Der Unfallverursacher muss für einen Mitverschuldenseinwand zuerst beweisen, dass es eine Obliegenheit zum Tragen eines Fahrradhelms gegeben hat. Dazu gehört dann die Darlegung der besonderen Risikoübernahme sowie der Kausalität.

### 6.4.2 Besondere Risikoübernahme

Wie stellt man diese besondere Gefährdung fest? Als wesentliche Indizien werden die Art des Fahrrades (Rennrad, Mountainbike oder Cityrad), sportliche Kleidung (Klickpedale etc.) und die konkrete Fahrweise angeführt. Man kann aber auch mit einem 21-Gang-Rennrad gemütlich fahren und mit einem Hollandrad „rennmäßig“. Solche Umstände sind im Einzelfall nach einem Unfall auch nicht immer leicht zu ermitteln. Zudem ist die Gefährdungssituation je nach Verkehrslage sehr unterschiedlich. Im Zweifelsfall wird aber der Einwand eines Mitverschuldens im Streitfall häufig schon mangels Beweis nicht zum Tragen kommen. Die Darlegungs- und Beweislast für ein solches allgemeines Verkehrsbewusstsein und dafür, dass dieses bei der konkreten Fahrweise zum Unfallzeitpunkt das Tragen eines Helmes erfordert, wird beim Schädiger und nicht beim Geschädigten liegen.

Der Unfallverursacher muss weiter beweisen, dass der Verletzte das gebotene Sicherungsmittel (hier den Fahrradhelm) nicht benutzt hatte. In der Regel wird dieser Nachweis aber nicht so schwer zu führen sein.

Der 50. VGT in Goslar 2012 hatte sich in dem Arbeitskreis II mit der Mithaftung des Geschädigten bei eigener Sorgfaltspflichtverletzung beschäftigt. Solche Empfehlungen haben zwar keine Bindung, sie können aber im Rahmen des Verkehrsbewusstseins Bedeutung erlangen.

Die Empfehlungen des VGT 2012 zum Fahrradhelm lauteten:

- 1a) Unabhängig von einer gesetzlichen Verpflichtung sollten Fahrradfahrer zum Selbstschutz im Straßenverkehr einen Helm tragen. Dies gilt insbesondere für Kinder.*
- 1b) Führt das Nichttragen nachweislich zur Entstehung schwererer Verletzungen, kann das zur Minderung der Ersatzansprüche führen.*

Diese Empfehlung unter 1b) geht somit von der Möglichkeit der Kürzung von Ansprüchen gem. § 254 BGB auch ohne eine gesetzliche Helmpflicht aus, wenn der Radfahrer Kopfverletzungen erleidet, die mit Helm nicht oder geringer ausgefallen wären. Die Empfehlung legt sich aber gerade nicht fest, wann auch ohne eine gesetzliche Helmpflicht, eine Kürzung des zivilrechtlichen Schadensersatzanspruches gem. § 254 BGB in Betracht kommt.

### 6.4.3 Kausalität

Neben der allgemeinen Erkenntnis in den Selbstschutz setzt die Zurechnung eines Mitverschuldens gem. § 254 BGB Kausalität voraus, d.h. das Tragen eines Fahrradhelmes muss die Verletzungen zu-



mindest, wenn nicht verhindert, aber doch verringert haben<sup>161</sup>. Es kann natürlich nur um Kopfverletzungen gehen.

Der Beweis der Kausalität muss vom Schädiger geführt werden, damit eine Kürzung eines Schadensersatzanspruches gem. § 254 BGB erfolgen kann. Darlegungs- und Beweisbelastet für die Obliegenheitsverletzung selbst ist wie für deren kausale Folgen der Schädiger; d.h. es muss vom Schädiger der Beweis geführt werden, dass die Unfallverletzungen beim Tragen eines Helmes ganz ausgeblieben oder zumindest weniger schwer gewesen wären<sup>162</sup>.

Unter Umständen kommen dem Schädiger hierbei Beweiserleichterungen zugute<sup>163</sup>. Es könnte insbesondere der sog. Anscheinsbeweis zum Tragen kommen. Der Anscheinsbeweis setzt nach allgemeinen Grundsätzen voraus, dass ein typischer Geschehensablauf feststeht<sup>164</sup>. So hat das OLG München in seinem Urteil vom 3.3.2011<sup>165</sup> den Anscheinsbeweis dafür, dass ein Schutzhelm die Kopfverletzungen zumindest gemindert hätte, angenommen<sup>166</sup>.

Für das Beweismaß gilt § 287 ZPO, d.h. es muss keine „mit an Sicherheit gegebenen Wahrscheinlichkeit“ (§ 286 ZPO) gegeben sein, sondern es reicht eine überwiegende Wahrscheinlichkeit aus. Es wird hierzu im Prozess in der Regel der Einholung eines medizinischen Sachverständigen bedürfen.

Allerdings ist die Frage der Kausalität, d.h. ob bei dem Tragen eines Schutzhelmes die Kopfverletzungen zumindest geringer gewesen wären, keine Frage, die davon abhängt, ob es eine gesetzliche Helmpflicht gibt. Die Frage der Kausalität muss auch gestellt werden, wenn es sich nur um eine Obliegenheit gem. § 254 BGB ohne gesetzliche Pflicht handelt. Auch bei einer gesetzlichen Helmpflicht knüpft das Mitverschulden gem. § 254 BGB und eine damit u.U. verbundene Kürzung eines zivilrechtlichen Schadensersatzanspruches (immaterielle – Schmerzensgeld und materielle – z.B. Verdienstausfall) an eine Kausalität des Verstoßes an. Die Frage der Kausalität für § 254 BGB im konkreten Schadensfall ist daher keine Frage einer gesetzlichen Helmpflicht, oder nur einer entsprechenden Obliegenheit dazu.

#### 6.4.4 Quote

Auch wenn ein Mitverschulden gem. § 254 BGB bejaht wird, führt dies nicht zum Wegfall des zivilrechtlichen Schadensersatzanspruches des verletzten Radfahrers. Es wird im Rahmen des § 254 BGB eine Quote gebildet. Die Bildung der Quote steht im Ermessen des Gerichtes. Es hat darüber nach § 287 Abs. 1 S. 1 ZPO „unter Würdigung aller Umstände nach freier Überzeugung“ zu entscheiden. Maßgebend für die Abwägung nach § 254 BGB, § 9 StVG ist, inwieweit der Schaden von dem einen oder dem anderen Teil verursacht worden ist. Letztlich ist dies immer eine Frage des Einzelfalles. Die Abwägung zwischen der Verantwortung für das Unfallgeschehen selbst und der Helmproblematik führt in der Regel dazu, dass die Verantwortung des Schädigers grundsätzlich überwiegt. Dieser Mitverschuldensanteil wegen des Nichttragens des Helmes liegt – vorausgesetzt man wertet das Nichttragen als Verstoß gegen § 254 BGB (s.o.) – i.d.R. im Bereich von 1/3.

---

<sup>161</sup> Rspr. BGH NZV 2009, 177; BGH NJW 2008, 3778 – Quad.

<sup>162</sup> BGH NZV 2009, 177; BGH NJW 2008, 3778 – Quad.

<sup>163</sup> Vgl. Scholten NJW 2012, 2993.

<sup>164</sup> Vgl. nur BGH NJW 2011, 685; Staab DAR 2015, 241.

<sup>165</sup> 24 U 384/10 = BeckRS 2012, 18086.

<sup>166</sup> BGH NJW 1983, 1380; BGH NJW 1965, 1075.

## 6.5 Kinder/Aufsichtspflicht

### 6.5.1 Deliktsfähigkeit (§ 828 BGB)

Der Einwand des Mitverschuldens gem. § 254 BGB setzt Verschuldensfähigkeit voraus. Das bedeutet insbesondere, dass Kinder, für die Anrechnung eines Mitverschuldens deliktsfähig sein müssen (§ 828 BGB). Hierzu gilt seit 2002 ein differenzierter Maßstab für die Deliktsfähigkeit bei Kindern. Gem. § 828 Abs. 2 BGB ist ein Kind bis zur Vollendung des 10. Lebensjahres nicht deliktsfähig. Dies gilt aber nur für ein Unfallgeschehen im Zusammenhang mit motorisiertem Verkehr. Ansonsten bleibt es bei der allgemeinen Grenze der Deliktsfähigkeit gem. § 828 Abs. 1 BGB mit der Vollendung des 7. Lebensjahres.

Dies bedeutet, dass gegenüber einem 9-jährigen Kind, das mit dem Fahrrad von einem Kfz angefahren wird, auch dann, wenn es Kopfverletzungen erleidet, weil es keinen Schutzhelm trägt, keine Abzüge von dem zivilrechtlichen Schadensersatzanspruch vorgenommen werden können.

Anders ist die Rechtslage, wenn sich die Kollision mit einem anderen Radfahrer oder einem Fußgänger (also nicht motorisiertem Verkehrsteilnehmer) ereignet. Hier ist Deliktsfähigkeit gem. § 828 Abs. 1 BGB ab der Vollendung des 7. Lebensjahres gegeben und damit auch zumindest im Grundsatz eine Mitverschuldensfähigkeit gegeben. Verfügt das Kind auch gem. § 828 Abs. 3 BGB über die erforderliche Einsichtsfähigkeit, könnte ein Mitverschulden ihm gegenüber eingewandt werden. Dies dürfte aber nur rechtstheoretisch sein. Wenn auch bei Erwachsenen vom BGH „für den normalen Radfahrer“ keine Mithaft angenommen wird, wird man eine solche schwerlich für ein noch nicht 10-jähriges Kind, das ohne Helm fährt bejahen können. Es dürfte dann auch in jedem Fall an der erforderlichen Einsichtsfähigkeit fehlen.

Für den Altersbereich zwischen 10 und 18 Jahren beurteilt sich das Verschulden nach § 276 BGB und die Zurechnungsfähigkeit nach § 828 BGB. Mit Vollendung des 10. Lebensjahres ist die uneingeschränkte Deliktsfähigkeit, § 828 Abs. 1 und Abs. 2 BGB gegeben. Es kommt daher gem. § 828 Abs. 3 BGB auf die individuelle Einsichtsfähigkeit an. Grundsätzlich wird man Jugendlichen in diesem Alter eine entsprechende Einsichtsfähigkeit zusprechen können. Wenn man allerdings Erwachsenen – wenn überhaupt – nur in eng begrenzten Ausnahmefällen eine Obliegenheit zum Tragen eines Helmes beimisst, wird man sicherlich Jugendlichen keine höheren Obliegenheiten auferlegen können. Wenn man bei Erwachsenen nur bei Übernahme eines besonderen Risikos (Rennen etc.) ein Mitverschulden zurechnet, so wird man eine weitergehende Zurechnung bei über 10-jährigen nicht vornehmen können.

Im Ergebnis wird die Zurechnung eines Mitverschuldens bei Kindern/Jugendlichen nicht über die Zurechnung bei Erwachsenen hinausgehen, sondern vielmehr in der Tendenz dahinter noch zurückbleiben. Es entspricht der allgemeinen Meinung, dass i.d.R. das Mitverschulden von Kindern geringer als das entsprechende Fehlverhalten eines Erwachsenen ist<sup>167</sup>. Es geht um das subjektive Element des Verschuldens – der Einsichtsfähigkeit – und die Frage der Anrechnung eines Mitverschuldens weil kein Helm getragen wurde, dürfte sich, da sich auch bei Erwachsenen das Tragen eines Helmes noch nicht durchgesetzt hat, auf ältere Kinder, unseres Erachtens frühestens ab 14 Jahre und auch nur bei besonders gefährlichen Fahrmanövern beschränken. Im normalen Fahrradverkehr dürfte auf

---

<sup>167</sup> BGH NJW 1990, 1483; Jahnke/Thinesse-Wiehofsky, Unfälle mit Kindern und Arzthaftung bei Geburtsschäden, S. 87.

der Basis der bisherigen Rechtslage i.d.R. die Anrechnung eines Mitverschuldens, weil kein Helm getragen wurde, ausscheiden.

## 6.5.2 Zurechnung eines Verschulden des Aufsichtspflichtigen

Hierzu muss zuerst ein Verschulden des Aufsichtspflichtigen vorliegen. Maßgebend ist hierfür § 832 BGB:

§ 832 BGB:

*(1) Wer kraft Gesetzes zur Führung der Aufsicht über eine Person verpflichtet ist, die wegen Minderjährigkeit oder wegen ihres geistigen oder körperlichen Zustands der Beaufsichtigung bedarf, ist zum Ersatz verpflichtet, den diese Person einem Dritten widerrechtlich zufügt.*

*(2) Die Ersatzpflicht tritt nicht ein, wenn er seiner Aufsichtspflicht genügt oder wenn der Schaden auch bei gehöriger Aufsichtsführung entstanden sein würde.*

*Die gleiche Verantwortlichkeit trifft denjenigen, welcher die Führung der Aufsicht durch Vertrag übernimmt.*

Folgende Grundsätze sind bei der Aufsichtspflicht i.d.R. zu berücksichtigen<sup>168</sup>:

- Bei Kindern unter 4 Jahren ist die jederzeitige Eingriffsmöglichkeit oder zumindest eine Kontrolle in sehr kurzen Abständen durch die Eltern unerlässlich.
- Kinder ab einem Alter von 4 Jahren benötigen einen gewissen Freiraum zum selbständigen Spielen im Freien, wobei allerdings eine regelmäßige Kontrolle in kurzen Zeitabständen für erforderlich gehalten wird. Eine Überwachung auf „Schritt und Tritt“ ist nicht erforderlich.

Diese Grundsätze sind nun auf den Fahrradhelm zu übertragen. Hier ist der Aufsichtsaufwand natürlich nicht sehr hoch. Es müsste nur darauf geachtet werden, dass der Helm aufgesetzt (und nicht wieder abgenommen) wird. Über die Schutzfunktion eines Fahrradhelmes müsste das Kind auch belehrt werden. Die juristische Frage ist, ob es zur Erfüllung der Aufsichtspflicht erforderlich ist, dass Kinder einen Fahrradhelm benutzen. Rechtsprechung hierzu gibt es, soweit ersichtlich, nicht. Es lässt sich zumindest vertreten, dass es zur Erfüllung der Aufsichtspflicht gehört, darauf zu achten, dass Kinder nur mit Fahrradhelm Fahrrad fahren. Gestützt würde eine solche These auch durch die hohe Quote der kleinen Kinder, die mit Helm Fahrrad fahren (ca. 70 %). Auch kann davon ausgegangen werden, dass das erhöhte Gefährdungspotential bei kleinen Kindern – auch wegen der schlechten Beherrschung des Fahrrades und der geringen Verkehrserfahrung – den Aufsichtspflichtigen bekannt ist. Deshalb spricht die Tatsache, dass unter Umständen die Aufsichtspflichtigen (Eltern) selbst nicht mit Helm fahren, nicht zwingend gegen die Verletzung der Aufsichtspflicht. Es lässt sich daher im Grundsatz durchaus vertreten, dass es eine Verletzung der Aufsichtspflicht darstellt, wenn der Aufsichtspflichtige nicht darauf achtet, dass kleinere Kinder mit Helm Fahrrad fahren. Rechtsprechung hierzu ist diesseits allerdings nicht bekannt. Gegen eine Haftung des Aufsichtspflichtigen aus § 832 BGB spricht sicherlich, dass auch bei Erwachsenen grundsätzlich in der Rechtsprechung (s.o.) kein Mitverschuldenseinwand gem. § 254 BGB erhoben wird, wenn diese ohne Helm fahren. Solange es sich nicht als allgemeines Verkehrsbewusstsein durchgesetzt hat, dass zum Eigenschutz ein Helm getragen wird, dürfte dies im Grundsatz auch gegen eine Aufsichtspflichtverletzung sprechen.

---

<sup>168</sup> Vgl. im Einzelnen Jahnke in Jahnke/Thinesse-Wiehowsky S. 97 f. mwN.

Letztlich wird die Frage einer Aufsichtspflichtverletzung dadurch entschärft, dass gem. § 1664 BGB die Eltern nur beschränkt haften.

§ 1664 BGB:

*(1) Die Eltern haben bei der Ausübung der elterlichen Sorge dem Kind gegenüber nur für die Sorgfalt einzustehen, die sie in eigenen Angelegenheiten anzuwenden pflegen.*

*(2) Sind für einen Schaden beide Eltern verantwortlich, haften sie als Gesamtschuldner.*

Ergänzt wird diese Vorschrift durch § 277 BGB, d.h. die Beschränkung auf eigenübliche Sorgfalt befreit nicht von einer Haftung wegen grober Fahrlässigkeit. Eine solche liegt vor, wenn die verkehrserforderliche Sorgfalt in besonders schweren Maße verletzt worden ist und schon ganz einfachste, ganz naheliegende Überlegungen nicht angestellt und beachtet worden sind, was im gegebenen Fall jedem einleuchten musste<sup>169</sup>. Dieses erhöhte Schuldmaß wird sich i.d.R. nicht feststellen lassen.

In diese Richtung geht auch eine Entscheidung des OLG Celle<sup>170</sup>, das eine grobe Fahrlässigkeit der Mutter verneint hat, die ihr Kind ohne Fahrradhelm in einem Kindersitz transportierte.

Das LG Coburg<sup>171</sup> spricht ebenfalls die Helmfrage und die Verletzung der Aufsichtspflicht der Eltern an. Es entscheidet sich zum einen mit dem LG und der überwiegenden Meinung (s.o.) dafür, dass das Haftungsprivileg der Eltern gem. § 1664 BGB auch Anwendung findet, wenn die Pflichtverletzung der Eltern in einer Verletzung ihrer Aufsichtspflicht liegt<sup>172</sup>. Es fehlt im Fall daher schon an einer groben Fahrlässigkeit. Dies wird dann insbesondere im Hinblick auf den fehlenden Radhelm bei dem 6-jährigen Kind wie folgt begründet:

*„...Schließlich vermag auch der Einwand der Klägerin, der Sohn der Beklagten habe keinen Helm getragen, eine Haftung der Beklagten nicht zu begründen. Es kann dahinstehen, ob zum Schutz der Gesundheit eines sechsjährigen Kindes eine Veranlassung der Eltern besteht, es zum Helmtreten im Straßenverkehr zu veranlassen. Jedenfalls besteht insoweit keine gesetzliche Vorschrift. Im vorliegenden Fall war der Sohn der Beklagten zudem in der konkreten Unfallsituation nicht als Radfahrer, sondern als Fußgänger, der sein Rad schob, unterwegs. Im Rahmen der Teilnahme am Straßenverkehr in dieser Eigenschaft ist eine Helmtragung – auch für Kinder – ohnehin nicht üblich...“*

### 6.5.3 Innenausgleich zwischen Schädiger und Aufsichtspflichtige

Ein weiterer Aspekt bei einem Kinderunfall ohne Helm ist der Innenausgleich zwischen Schädiger und Eltern/Aufsichtspflichtige. Wenn dem Kind kein Mitverschulden anzurechnen ist und der Schädiger (z.B. der Pkw-Fahrer) daher dem Kind 100 % Schadensausgleich zu leisten hat, fragt sich, ob dieser bei einem etwaigen Aufsichtsverschulden Regress gegen den Aufsichtspflichtigen (Eltern) nehmen kann. Juristisch setzt dies voraus, dass der Schädiger und die aufsichtspflichtigen Eltern sog.

<sup>169</sup> St. Rspr. BGH NJW 2007, 2988; NJW-RR 2014, 90; Palandt-Grüneberg, Bürgerliches Gesetzbuch, 74. Aufl. 2015, § 277, Anm. 5 mwN.

<sup>170</sup> Urteil v. 11.6.2008 – 14 U 179/07 = NJW 2008, 2353.

<sup>171</sup> Urteil vom 13.7.2011 – 21 O 757/10.

<sup>172</sup> So auch OLG Karlsruhe, NZV 2008, 511; OLG Hamm, NJW 1993, 542.

Gesamtschuldner sind. Dies wird aber häufig daran scheitern, dass es schon an einer Haftung der Eltern fehlt. Wie oben ausgeführt gilt für die Eltern das Haftungsprivileg des § 1664 BGB (Sorgfalt in eigenen Angelegenheiten)<sup>173</sup>.

Als Zwischenergebnis ist zur Rechtslage de lege lata folgendes festzuhalten:

- Ein Mitverschulden mit Abzug auf der Basis der derzeitigen Rechtsprechung wird i.d.R. zu verneinen sein. Eine Ausnahme greift allenfalls bei einer besonderen Risikoübernahme.
- Kinder haften schon mangels Deliktfähigkeit i.d.R. nicht.
- Eine Haftung der Aufsichtspflichtigen wird i.d.R. nicht zum Tragen kommen.

Die Berücksichtigung eines Mitverschuldens bzw. die Haftung von Aufsichtspflichtigen ist aber abhängig von dem allgemeinen Verkehrsbewusstsein, d.h. je höher das Bewusstsein des erforderlichen Schutzes ist, desto eher kommt es zu einer Mithaft bzw. Haftung aus Verletzung der Aufsichtspflicht.

## 6.6 Auswirkungen einer Helmpflicht auf Haftungsfragen

Mit der Einführung einer gesetzlichen Helmpflicht ist der Anwendungsbereich des § 254 BGB eröffnet. Es stellt sich dann nicht mehr die jetzt maßgebliche Frage, ob es für das Tragen eines Schutzhelmes ein allgemeines Sicherheitsbewusstsein gibt. Mit der gesetzlichen Regelung wäre diese Entscheidung getroffen. Der Mitverschuldenseinwand gegenüber demjenigen Fahrradfahrer, der bei einem Unfall geschädigt wird und keinen Schutzhelme getragen hat, ist daher grundsätzlich möglich. Die Gründe, mit denen insbesondere der BGH in seinem Urteil vom 17.6.2014<sup>174</sup> ein Mitverschulden abgelehnt hat, kommen bei einer gesetzlichen Helmpflicht dann nicht mehr zum Tragen. Ob und in welchem Umfang ein Mitverschulden angenommen wird, hängt dann von den Umständen des Einzelfalles ab. Es muss die Feststellung getroffen werden können, dass ein Helm gewirkt hätte und in der weiteren Bewertung kommt es auf die Abwägung der beiderseitigen Verursachungsbeiträge (Unfallablauf) an. In diese Abwägung wird dann allerdings auch der Umstand, dass ein Fahrradhelm nicht getragen wurde, einfließen und i.d.R. auch zu Abzügen von dem Ersatzanspruch führen.

Liegt eine gesetzliche Helmpflicht vor, spricht zudem viel dafür, dass dann Aufsichtspflichtige auf die Einhaltung bei Kindern achten müssen. Bei Nichtbeachtung dürfte eine schuldhaft Verletzung der Aufsichtspflicht vorliegen. Geht es um das Verhältnis Eltern zu den Kindern stellt sich dann auch die Frage, ob diese sich bei einer gesetzlichen angeordneten Helmpflicht noch auf die Haftungsprivilegierung des § 1664 BGB stützen können. Da diese gesetzliche Helmpflicht eingeführt würde, um das Risiko schwerer Kopfverletzungen zu mindern, spricht bei einer gesetzlichen Helmpflicht einiges dafür, dass Gerichte die Verletzung der Aufsichtspflicht, wenn nicht darauf geachtet wird, dass ein Helm getragen wird, als grob fahrlässig qualifizieren. Dies hätte dann zur Folge, dass den Eltern eine Verletzung der Aufsichtspflicht gem. § 832 BGB angelastet wird.

---

<sup>173</sup> BGH NJW 1988, 2667.

<sup>174</sup> VI ZR 281/13 = NJW 2014, 2493.

## 6.7 Möglichkeit zur Vermeidung haftungsrechtlicher Konsequenzen

In der Österreichischen Straßenverkehrsordnung regelt § 68 das Verhalten der Radfahrer. In dem neu gefassten Absatz 6 heißt es zum Fahrradhelm:

*„Kinder unter 12 Jahren müssen beim Rad fahren, beim Transport in einem Fahrradanhänger und wenn sie auf einem Fahrrad mitgeführt werden, einen Sturzhelm in bestimmungsgemäßer Weise gebrauchen. Dies gilt nicht, wenn der Gebrauch des Helms wegen der körperlichen Beschaffenheit des Kindes nicht möglich ist. Wer ein Kind beim Rad fahren beaufsichtigt, auf einem Fahrrad mitführt oder in einem Fahrradanhänger transportiert, muss dafür sorgen, dass das Kind den Sturzhelm in bestimmungsgemäßer Weise gebraucht. Im Falle eines Verkehrsunfalls begründet das Nichttragen des Helms kein Mitverschulden im Sinne des § 1304 des allgemeinen Bürgerlichen Gesetzbuches an den Folgen des Unfalls.“*

Österreich hat eine Helmpflicht für die Risikogruppe der Kinder bis zu 12 Jahren eingeführt. Diese Pflicht ist aber an keinerlei Sanktionen gebunden. Ein Bußgeldtatbestand wird dabei nicht verwirklicht und – dies ist schon besonders – es wird auch gesetzlich geregelt, dass es kein zivilrechtliches Mitverschulden gibt.

Dies gilt aber nur für den Regelungsbereich der Kinder bis zu 12 Jahren. Im Übrigen ist die rechtliche Situation beim Fahrradhelm mit der in Deutschland vergleichbar. Der OGH (vergleichbar mit dem deutschen BGH) hat in seinem Urteil vom 27.8.2014 die Rechtsgrundsätze in Österreich zu der Fahrradhelmproblematik dort zusammengefasst<sup>175</sup>. Letztlich schließt sich der OGH der Argumentation des BGH in seinem Urteil aus 2014 mit entsprechenden Argumenten an.

Schließlich besteht bis auf die Helmpflicht für die bis zu 12-jährigen in Österreich eine rechtliche Situation, wie sie in Deutschland gilt. Allerdings können solche gesetzlichen Regelungen wie in Österreich dazu beitragen, dass sich das erforderliche allgemeine Sicherheitsbewusstsein zum Tragen eines Fahrradhelmes verstärkt bildet und dadurch dann die Anwendung des § 254 BGB eher eröffnet ist.

Diesem könnte durch den Gesetzgeber dadurch begegnet werden, dass er – wie in Österreich – einen Mitverschuldenseinwand gesetzlich ausschließt. Dies wäre eine gesetzgeberische Entscheidung und auch zulässig, insbesondere vor dem Hintergrund, dass eine zunehmende Nutzung des Fahrrades gewollt ist. Dadurch würde ein solcher Ausschluss als erforderlich, angemessen und auch verhältnismäßig qualifiziert werden können.

Es ist allerdings zu bedenken, dass eine solche Regelung einen nicht unerheblichen Eingriff in unser Haftungssystem bedeuten würde und aus der für viele Bereich des Mitverschuldens geltenden Systematik nur ein kleiner Bereich – der des Mitverschuldens bei dem Nichttragen eines Radhelms – ausgenommen wird.

Auch ist die rechtliche Situation des Aufsichtspflichtigen und seiner Haftung gem. § 832 BGB zu beachten.

---

<sup>175</sup> OGH 2 Ob 99/14.

## 6.8 Verfassungsmäßigkeit der Einführung einer Schutzhelmpflicht von Radfahrern (de lege ferenda)

### 6.8.1 Die Einführung einer allgemeinen Helmpflicht für Radfahrer – Art. 2 GG (Allgemeine Handlungsfreiheit, Freiheit der Person)

Die verfassungsrechtliche Zulässigkeit der Helmpflicht ist unter dem Aspekt der durch Art. 2 I GG geschützten allgemeinen Handlungsfreiheit zu diskutieren.

#### **Art. 2 Abs. 1 GG**

*(1) Jeder hat das Recht auf die freie Entfaltung seiner Persönlichkeit, soweit er nicht die Rechte anderer verletzt und nicht gegen die verfassungsmäßige Ordnung oder das Sittengesetz verstößt.*

Die allgemeine Handlungsfreiheit umfasst auch das Recht zur Selbstgefährdung bzw. Selbstschädigung. Dem mündigen Bürger steht grundsätzlich somit das Recht zu, Risiken selbst einzuschätzen und sich dementsprechend zu verhalten.

Allerdings ist die allgemeine Handlungsfreiheit – wie sich schon aus dem Wortlaut des Grundgesetzartikels ergibt – nur im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung gewährleistet<sup>176</sup>. Das Grundrecht kann durch jedes einfache Gesetz in verfassungskonformer Weise beschränkt werden, wenn das jeweilige Gesetz verhältnismäßig, d.h. geeignet, erforderlich und angemessen (verhältnismäßig im engeren Sinne) ist.

#### *6.8.1.1 Eignung einer Helmpflicht*

Geeignet ist eine Maßnahme, wenn sie die Erreichung des Zwecks kausal bewirkt oder zumindest fördert. Zweck der allgemeinen Helmpflicht wäre die Verhinderung oder zumindest weitestgehend Zurückdrängung schwerer und schwerster Kopfverletzungen bei Radfahrern. Es dürfte allgemein anerkannt sein, dass ein Schutzhelm geeignet ist, Kopfverletzungen zu vermeiden oder jedenfalls deren Schwere zu vermindern. Dies ist auch das Ergebnis dieser Studie.

#### *6.8.1.2 Erforderlichkeit einer Helmpflicht*

Erforderlich ist eine Maßnahme, wenn kein milderes, mit Blick auf den verfolgten Zweck gleich geeignetes Mittel zur Verfügung steht. Offen ist allerdings, was unter „milder“ zu verstehen ist. Dies kann aus einem ökonomischen, es kann aber auch aus einem politischen Vergleich beantwortet werden.

---

<sup>176</sup> BVerfG NJW 1957, 297 st. Rechtspr.

Sowohl im Rahmen der Frage eines Mitverschuldens gem. § 254 BGB als auch bei der Frage der verfassungsrechtlichen Zulässigkeit der Einführung einer Helmpflicht, ist zu prüfen, ob ein Schutzhelm zur Vermeidung von Kopfverletzungen erforderlich ist.

Ein milderes Mittel könnte ggf. in baulichen Veränderungen im Straßenverkehr liegen, durch die Unfälle zwischen Radfahrern und PKW vermieden werden. Generell stellen baulichen und verkehrsrechtliche Veränderungen zwar ein Mittel dar, das den Zweck der Vermeidung schwerer Kopfverletzungen von Radfahrern im Straßenverkehr fördert. Jedoch werden solche Maßnahmen nur langfristig flächendeckend durchgeführt werden können. Eine Abschätzung der Kosten - ist wegen fehlender Daten nicht möglich.

Ein weiterer Teil der Unfälle könnte durch eine Verringerung des Geschwindigkeitsniveaus im Straßenverkehr vermieden oder in seinen Unfallfolgen abgemildert werden. Nimmt man als Beispiel eine durchgängige Reduzierung der zulässigen Geschwindigkeit innerorts auf 30 km/h. Laut (Otte, Facius, & Wiese, 2013) würde sich dies auf einen nennenswerten Teil der Unfälle Kfz-Pkw auswirken. Ca. 75 % der polizeilich erfassten Unfälle auf Kollision mit Pkw oder Nutzfahrzeug zurückzuführen. Berücksichtigt man die hohe Dunkelziffer bei Alleinunfällen reduziert sich diese Quote allerdings deutlich. Eine ausreichend genaue ökonomische Würdigung würde allerdings genauerer Berechnungen und Abwägung aller positiven wie negativen Faktoren erfordern, die bisher nicht bekannt sind.

Auch Änderungen des Verkehrsverhaltens sowie Maßnahmen in Bereich der Fahrzeugtechnik und des Fahrzeugdesigns können zu einer deutlichen Reduzierung der Unfallzahlen beitragen (siehe Kap. 5.1, S. 216). Im Bereich der Fahrzeugtechnik wäre dies beispielsweise ein Abbiegeassistent für Lkw. Für die Abschätzung der Wirkung gilt das oben genannte. Es können zwar qualitative Aussagen über den Nutzen solcher Maßnahmen getroffen werden. Ob diese Maßnahmen „milder“ sind, kann aber nur nach quantitativen Analysen ermittelt werden, die bisher nicht vorliegen.

Kommt es trotz baulicher, verkehrsrechtlicher, geschwindigkeitsreduzierender, verhaltensbeeinflussender und fahrzeugseitiger Maßnahmen zu einem Unfall mit Aufprall des Kopfes, stellt der Schutzhelm das einzige, wirksame Mittel zur Verhinderung oder zur Abmilderung von Kopfverletzungen dar. Eine alternative Maßnahme zur Erhöhung wäre eine Erhöhung der Helmtragequote durch kommunikative Maßnahmen und Anreize wie die vergünstigte Abgabe von Helmen (Kapitel 3.3.3). Die Erfahrungen etwa aus der Schweiz zeigen, dass eine signifikante Erhöhung der Helmtragequote auf 50 % auch ohne gesetzliche Verpflichtungen erreicht werden können. Entsprechende Maßnahmen müssen allerdings dauerhaft durchgeführt werden. Noch höhere Helmtragequoten werden nur in den Ländern erreicht die eine Helmpflicht in Verbindung mit entsprechenden Sanktionen und kommunikativen Maßnahmen anwenden.

Daher spricht vieles dafür, dass gerade kein mit Blick auf den verfolgten Zweck gleich geeignetes Mittel zur Verfügung steht, dass schnell und mit geringen Kosten Helmtragequoten von deutlich über 50 % erreicht. Im Zweifel wird die Rechtsprechung daher vermutlich erst auf der Stufe der Angemessenheit eine intensive Folgenabschätzung vornehmen und hinsichtlich des Radhelms von einer Erforderlichkeit ausgehen.



### 6.8.1.3 Angemessenheit einer Helmpflicht

Eine allgemeine Helmpflicht ist angemessen, wenn eine Interessenabwägung ergibt, dass das Interesse des Staates an der Einführung der allgemeinen Helmpflicht das Interesse des Betroffenen an der Unterlassung dieser Maßnahme überwiegt. Es hat damit eine Güterabwägung stattzufinden.

Da es sich vorliegend um eine Bewertung einer *allgemeinen* Helmpflicht handelt, ist die Angemessenheit nicht anhand einzelner Radfahrergruppen zu bewerten, sondern nur hinsichtlich der Gesamtheit der Radfahrer. Welche Einschränkungen sind mit dem Tragen eines Fahrradhelmes im Verhältnis zu dem verbesserten Schutz geboten? Hier greifen insbesondere die Kritiker einer Obliegenheit ein<sup>177</sup>. Es sind anzuführen der (allerdings i.d.R. nicht sehr hohe) Anschaffungspreis eines Fahrradhelmes ebenso wie etwaige Nachteile beim Tragen (z.B. bei Hitze) und auch das Mitführen des Helms, nachdem man das Fahrrad abgestellt hat. Zudem ist die Einschränkung der individuellen Handlungsfreiheit durch die Pflicht gegeben. Dies sind Nachteile, die mit den Vorteilen der Schutzfunktion eines Helmes, abzuwägen sind.

Die Angemessenheit einer Helmpflicht ergibt sich durch einen Vergleich des Nutzens (vermiedene Unfallkosten) mit möglichen negativen Begleiterscheinungen (Verringerung der Fahrradnutzung) sowie aus dem Vergleich mit anderen potentiell gefährlichen Alltagstätigkeiten für die teilweise keine Helmpflicht besteht (z.B. Fußgänger)

Nach Auffassung des Gutachters sind in Anbetracht der dargestellten Schutzwirkungen – insbesondere bei schwerwiegenden Unfällen – die mit einer Pflicht zum Tragen eines Schutzhelmes verbundenen Einschränkungen nicht als unangemessen zu werten. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass das Bundesverfassungsgericht bereits im Jahr 1982 die (bußgeldbewehrte) Helmpflicht für Krafttradfahrer und im Jahr 1986 die Anschnallpflicht in Kraftfahrzeugen hinsichtlich eines Verstoßes gegen die allgemeine Handlungsfreiheit überprüft hat und die Regelungen insgesamt für verfassungsrechtlich unbedenklich gehalten hat. Anschnall- und Helmpflicht ergeben sich heute aus § 21 a Abs. 1 S. 1, Abs. 2 StVO.

Zur Helmpflicht für Kraftfahrer führte das Bundesverfassungsgericht BVerfGE 59, 275 (276) = NJW 1982, 1276 aus, dass diese als verhältnismäßig, insbesondere auch als angemessen, zu beurteilen sei. Ein Schutzhelm sei geeignet, Kopfverletzungen zu vermeiden oder jedenfalls deren Schwere zu vermindern, während der Helm für Krafttradfahrer mit keinen nennenswerten Nachteilen verbunden sei.

*„...Ein Krafttradfahrer, der ohne Schutzhelm fahre und deshalb bei einem Unfall eine schwere Kopfverletzung davon trage, schade keinesfalls nur sich selbst. Es liege auf der Hand, dass in vielen Fällen weiterer Schaden abgewendet werden könne, wenn ein Unfallbeteiligter bei Bewusstsein bleibe.“*

Das BVerfG führt dann weiter aus, dass sich das Fahren ohne Schutzhelm von anderen gefährlichen Betätigungen dadurch unterscheidet, dass es sich im öffentlichen Straßenverkehr abspiele, mithin in einem Bereich, der für die Allgemeinheit wichtig sei und für den der Staat deshalb eine besondere Verantwortung trage. Weiter heißt es in dem Urteil:

*„...Wenn die Folgen eines im öffentlichen Straßenverkehr eingegangenen, berechenbaren und hohen Risikos die Allgemeinheit schwer belasteten, ist es für den einzelnen zumutbar, dieses Ri-*

---

<sup>177</sup> Insbesondere Kettler in seiner Anmerkung zu dem BGH-Urteil vom 17.6.2014 (S. 7 ff.). S.o.

*siko durch einfache, leicht zu ertragene Maßnahmen zu senken. Dass Unfälle mit schweren Kopfverletzungen weitreichende Folgen für die Allgemeinheit hätten (z.B. durch Einsatz von Rettungsdiensten, ärztliche Versorgung, Reha-Maßnahmen, Versorgung von Invaliden), steht außer Frage.“*

Die Sachlage unterscheidet in Bezug auf den Sachverhalte zum Zeitpunkt der Einführung der Helmpflicht bei Kraftfahrzeugen allerdings deutlich von der beim Radverkehr (unter anderem unterschiedliche Geschwindigkeiten, unterschiedliche Helmtragequoten, Einschränkung durch Hitzeeinwirkung bei körperlicher Betätigung).

In der Entscheidung zur **Gurtpflicht** bezieht sich das BVerfG (NJW 1987, 180) auf die vorgestehenden Ausführungen zur Helmpflicht. In der Einführung einer Gurtpflicht liegt kein Verstoß gegen Art. 2 II 1 GG (Schutz des Lebens).

Das BVerfG nimmt hier Bezug auf die tatsächlichen Feststellungen des BGH zum Nutzen und zu den möglichen Verletzungsfolgen durch die Benutzung des Sicherheitsgurtes<sup>178</sup>. Die vom BVerfG angeführten Gründe für die verfassungsrechtliche Zulässigkeit der Einführung einer gesetzlichen Gurtpflicht lassen sich im Grundsatz für die Zulässigkeit der Einführung einer Helmpflicht für Radfahrer übertragen. Die wesentlichen Aussagen des BVerfG zur Gurtpflicht:

Ein geringes Risiko aus der Benutzung des Sicherheitsgurtes stehe angesichts der erheblichen Vorteile des Gurtes nicht außer Verhältnis zu den verfolgten Zwecken. Ein Kraftfahrer, der unangeschnallt verunglücke, könne keineswegs nur sich selbst schaden. So werde ein Unfallbeteiligter, der durch den Schutz des Sicherheitsgurtes nicht oder nur leicht verletzt worden sei, eher noch sachgerecht reagieren können, wo dies erforderlich sei, um die Schädigung anderer Verkehrsteilnehmer zu vermeiden.

Insgesamt kommt das BVerfG in beiden Entscheidungen zu dem Ergebnis, dass die überragenden Allgemeinwohlbelange, die mit der allgemeinen Helm- bzw. Gurtpflicht geschützt werden, die eher leichtgradigen Beschränkungen der individuellen Persönlichkeitsentfaltung durch die Helm- bzw. Gurtpflicht überwiegen. Der Schwerpunkt beider Urteilsgründe liegt vor allem auch auf der Abgrenzung der Selbstschädigung von der Fremdschädigung. Für das Bundesverfassungsgericht geht es bei der Helm- und Gurtpflicht nicht lediglich um einen aufgedrängten Grundrechtsschutz gegen sich selbst. Es betont vielmehr, dass die allgemeine Handlungsfreiheit gem. Art. 2 I GG in der Frage der Helm- und Gurtpflicht ihre Beschränkung durch die Rechte Dritter erfährt.

Insbesondere bei Bewegung im Straßenverkehr besteht immer die (potentielle) Gefährdung der anderen, so dass es bei einem Fahren ohne Gurt oder ohne Helm nie um eine freiwillige Selbstschädigung gehen kann, sondern immer auch schützenswerte Rechte Dritter betroffen sind.

Die Erwägungen des Bundesverfassungsgerichts können vorliegend für die Beurteilung der Angemessenheit einer allgemeinen Fahrradhelmpflicht fruchtbar gemacht werden.

Der für die Interessenabwägung besonders wichtige Gemeinschaftsbezug einer Fahrradhelmpflicht besteht darin, dass die Allgemeinheit vor Belastungen durch schwere und schwerste Verletzungsschäden im Kopfbereich geschützt wird, vor allem auch vor Inanspruchnahme von Rettungseinrichtungen, Fürsorge, Reha und Versorgung von Invaliden. Auch der Aspekt, dass der Träger eines Schutzhelms bei Bewusstsein bleibt, und ggf. anderen Unfallbeteiligten helfen bzw. die eigene Ver-

---

<sup>178</sup> BGH, NJW 1979, 1363.

sorgung erleichtert, kann auf den Fahrradfahrer übertragen werden. Dies gilt auch angesichts der Nachteile einer Helmpflicht. Es muss dann auch für kurze – vermeintlich sichere – Wege ein Helm getragen werden. Es muss dann auch als Einschränkung in Kauf genommen werden, dass ein Helm beim Radfahrer dabei sein muss. Ob man ihn dann am z.B. abgestellten Fahrrad belässt oder mitnimmt, ist die Entscheidung des Einzelnen.

Im Lichte der Entscheidungen des Bundesverfassungsgerichts, welches bereits die Helmpflicht für Motorradfahrer für verfassungsgemäß erachtete, erscheint dem Gutachter damit auch die allgemeine Fahrradhelmpflicht als angemessen. Ein Verstoß gegen die allgemeine Handlungsfreiheit (Art. 2 I GG) liegt nicht vor.

Mit der Einführung einer allgemeinen Helmpflicht wird gleichzeitig entschieden werden müssen, ob bei einem Verstoß gegen eine solche Pflicht auch ein Bußgeldtatbestand verwirklicht wird. Dies würde dann z.B. in § 49 I Nr. 20a StVO eingeführt. Es ist die freie gesetzgeberische Entscheidung, ob eine Helmpflicht bußgeldbewehrt sein soll oder nicht. Rechtliche Einschränkungen gibt es dafür nicht. Insbesondere bestehen keine verfassungsrechtlichen Bedenken dagegen, eine gesetzliche Helmpflicht auch mit einem Bußgeld zu belegen.

### 6.8.2 Die gesetzliche Einführung einer Helmpflicht nur für bestimmte Gruppen (Kinder, Senioren) Art. 3 I GG: Gleichbehandlungsgebot

Zu prüfen ist, inwieweit die Einführung einer Helmpflicht gegen das in Art. 3 I GG normierte allgemeine Gleichbehandlungsgebot verstoßen würde. Eine Ungleichbehandlung kann sich ergeben, wenn die Fahrradhelmpflicht lediglich für einzelne Nutzergruppen eingeführt wird. Zu denken ist hier insbesondere an Kinder und Jugendliche und/oder Senioren.

Der Schutzbereich von Art. 3 I GG ist eröffnet, wenn wesentlich Gleiches in rechtlich relevanter Weise ungleich behandelt wird. Dies ist bei einer nur auf Kinder, Jugendliche bzw. Senioren eingeschränkten Helmpflicht der Fall, da Kinder, Jugendliche bzw. Senioren als Teilgruppe der Gesamtheit aller Fahrradfahrer einer Helmpflicht unterliegen, andere Gruppen wie Erwachsene dagegen nicht.

An dieser Stelle ist noch darauf hinzuweisen, dass eine allgemeine Helmpflicht für Senioren im Hinblick auf den personellen Anwendungsbereich hinreichend bestimmt sein müsste. Eine feste Altersgrenze dürfte dem Bestimmtheitsgrundsatz (Art. 20 III, 28 II GG) jedoch genügen. Andere Kriterien, nach denen das Tragen eines Helmes verpflichtend gemacht werden könnte, müssen erst noch (unter Beachtung des Bestimmtheitsgrundsatzes) entwickelt werden.

Eine Ungleichbehandlung der verschiedenen Benutzergruppen von Fahrrädern in Bezug auf die Helmtragepflicht bedürfte auch der verfassungsrechtlichen Rechtfertigung. Das verfassungsrechtliche Gebot der Gleichbehandlung (Art. 3 I GG) ist (bei personenbezogener Ungleichbehandlung) verletzt, wenn eine Gruppe von Normadressaten im Vergleich zu anderen Normadressaten anders behandelt wird, obwohl keine Gründe von solcher Art und solchem Gewicht bestehen, dass sie die ungleiche Behandlung rechtfertigen (sog. neue Gleichung).<sup>179</sup>

---

<sup>179</sup> BVerfGE 55, 72 (88).

Es muss ein legitimes Ziel der Ungleichbehandlung/ Differenzierung („zielführend?“), eine Erforderlichkeit der Differenzierung („milderes Mittel?“) sowie eine Angemessenheit der Differenzierung vorliegen.

### 6.8.3 Verfassungsrechtliche Bewertung einer Helmpflicht für Kinder und Jugendliche

Alle oben aufgeführten Punkte zur Begründung einer Ungleichbehandlung sind in Bezug auf Jugendliche und Senioren, aber nicht für Kinder zu bejahen<sup>180</sup>. Ein legitimes Ziel der Differenzierung kann darin bestehen, dass der Staat vorgefundenen Unterschieden Rechnung tragen will. Bei Jugendlichen und Senioren liegen zweifelsfrei existierende Unterschiede zur sonstigen Gruppe der Radfahrer vor.

Im Übrigen hat der Gesetzgeber in verschiedenen Vorschriften Sonderregeln für Kinder aufgestellt. Die für den hier relevanten Haftungsbereich ist erst mit dem Schadenrechtsänderungsgesetz wesentlich insbesondere für Kinder modifiziert geregelt worden.

Mit dem Schadensrechtsänderungsgesetz von 2002 wurden Kinder unter 10 Jahren von der Haftung bei Unfällen mit motorisierten Kraftfahrzeugen freigestellt. Die Gesetzesänderung beruhte darauf, dass Kinder frühestens ab dem 10. Lebensjahr in der Lage sind, die besonderen Gefahren des Straßenverkehrs zu erkennen und sich entsprechend zu verhalten. Dies insbesondere aufgrund der Körpergröße und der intellektuellen Leistungsfähigkeit, wobei typisierend von dem Durchschnitt aller Kinder ausgegangen werden muss.

So hat der Gesetzgeber folgende kinderpsychologische Erkenntnisse in den Gesetzgebungsprozess einfließen lassen (vgl. BT-Drs. 14/7752, S. 26):

Nach den Erkenntnissen der Entwicklungspsychologie könne es als gesichert gelten, dass Kinder auf Grund ihrer physischen und psychischen Fähigkeiten regelmäßig frühestens ab Vollendung des 10. Lebensjahres imstande seien, die besonderen Gefahren des motorisierten Straßenverkehrs zu erkennen, und sich den erkannten Gefahren entsprechend zu verhalten. Dies liege zum einen an den körperlichen Bedingungen, auf Grund derer es Kindern bis zum 10. Lebensjahr nicht möglich sei, Entfernungen und Geschwindigkeiten richtig einzuschätzen. Zum anderen stünden kindliche Eigenheiten wie Lauf- und Erprobungsdrang, Impulsivität, Affektreaktionen, mangelnde Konzentrationsfähigkeit und gruppendynamisches Verhalten oft einem verkehrsgerechten Verhalten entgegen (BT-Drs. 14/7752, S. 26).

Die altersbedingten Defizite eines Kindes, wie z. B. Entfernungen und Geschwindigkeiten nicht richtig einschätzen zu können, kämen regelmäßig im motorisierten Straßen- oder Bahnverkehr aufgrund der dortigen plötzlich eintretenden Schadensereignisse zum Tragen. Außerhalb des Straßenverkehrs sei das Kind auf Grund seiner altersbedingten Defizite seltener überfordert.

Die durch den Gesetzgeber zusammengefassten kindespsychologischen Erkenntnisse rechtfertigen eine besondere Schutzbedürftigkeit des Kindes. Bei Kindern besteht aufgrund ihrer kindestypischen Entwicklung noch eine verminderte Fähigkeit, vorausschauend zu fahren, und sich damit durch diese

---

<sup>180</sup> Kinder bis 10 Jahre bilden die bezogen auf die Verkehrssicherheit mit großem Abstand sicherste Altersgruppe (siehe Tabelle 20, S. 49). Bei den Jugendlichen fällt die Sicherheit dann ab, um für Erwachsene wieder anzusteigen. Fahrradfahrer über 65 Jahre und noch mehr über 80 sind besonders stark gefährdet.

Vorausschau schon angemessen zu schützen. Kindern fehlt einfach die Erfahrung im Straßenverkehr. Sie können Verkehrssituation nicht richtig einschätzen und insbesondere auch nicht die Gefährlichkeit im Hinblick auf Verletzungen des Körpers. Zudem ist Kindern nicht stets die Gefährlichkeit des Straßenverkehrs bewusst. Sie können leicht abgelenkt werden von interessanteren Dingen und darüber das Bewusstsein für ihre Eigensicherung verlieren.

Für eine besondere Schutzbedürftigkeit spricht auch, dass aus pädagogischer Sicht die schulische Radfahrausbildung der Kinder nicht vor dem 10. Lebensjahr abgeschlossen werden kann (BR-Drs. 374/97).

Aufgrund dessen geht auch der Gesetzgeber davon aus, dass bei Kindern und Jugendlichen aufgrund ihrer (körperlichen und geistigen) Benachteiligung eine erhöhte Gefahr für Unfälle im Straßenverkehr besteht. Diese besondere Gefährdung rechtfertigt es auch, eine Helmpflicht insbesondere Kindern und Jugendlichen aufzuerlegen, wobei eine Altersgrenze zunächst noch anhand kinderpsychologischer Erkenntnisse festzulegen wäre. Hier könnte man an eine Altersgrenze mit 14 Jahren denken. Auch eine solche Grenze wurde im Rahmen der Einführung des Schadensrechtsänderungsgesetzes 2002 bei § 828 BGB diskutiert. Es erfolgte letztlich ein Kompromiss darauf, dass mindestens bis zur Vollendung des 10. Lebensjahres im motorisierten Straßenverkehr keine Deliktsfähigkeit angenommen werden kann. Würde mit einer Helmpflicht für Kinder bis zum Alter von 10 Jahren an diese gesetzgeberischen Überlegungen zur Änderung im Jahre 2002 angeknüpft, wäre dies auch verfassungsrechtlich zulässig. Es liegen sachhaltige Gründe für eine solche Pflicht vor, weder Art. 2 GG noch der Gleichheitsgrundsatz nach Art. 3 GG wären verletzt. Letztlich wäre es unsers Erachtens auch verfassungsrechtlich zulässig, die Grenze auf 12 oder auch 14 Jahre für eine Helmpflicht anzuheben. Die Gründe, die letztlich zu einer Anhebung in § 828 Abs. 2 BGB auf 10 Jahre geführt haben, ließen sich auch hier anführen, zumal es in der Verkehrspsychologie entsprechende Stimmen gibt, die ohnehin auch bei einer allgemeinen Deliktsfähigkeit eine Grenze von 14 Jahren befürworten.

Entgegen der obigen Einschätzung steht auch nicht, dass die Helmtragequote bei Kindern heute schon recht hoch ist und ein Zwang daher weniger erforderlich sei. Letztlich resultiert aus der Fürsorgepflicht des Staates für alle Kinder, dass es nicht dem Zufall überlassen bleiben darf, ob die Kinder Eltern haben, die sie freiwillig schützen, oder ob die Eltern sich gerade nicht um das Helmaufsetzen kümmern.

Verfassungsrechtliche Bedenken gegen die Einführung einer Helmpflicht für Kinder bestehen daher unseres Erachtens nicht. Dies insbesondere vor dem Gesichtspunkt, dass die Änderungen bei der Deliktsfähigkeit in § 828 BGB (2002) gerade im Hinblick auf die besondere Schutzbedürftigkeit von Kindern im Straßenverkehr erfolgt sind<sup>181</sup>.

Die Differenzierung zwischen Kindern/ Jugendlichen gegenüber Erwachsenen ist auch angemessen, da die Unterschiede zwischen den beiden Vergleichsgruppen wegen der soeben dargestellten Defizite Benachteiligung von Kindern und Jugendlichen im Straßenverkehr so gewichtig sind, dass sie die ungleiche Behandlung rechtfertigen. Hieran ändert sich auch nichts dadurch, dass gerade in der Gruppe der Kinder bis zu 10 Jahren u.a. durch eine hohe Helmtragequote ein höheres Maß an Sicherheit als z.B. bei der Gruppe der 10-bis-20-Jährigen besteht. Es ist eine durch das 2. SchadensänderungsG erfolgte gesetzgeberische Entscheidung gerade die Gruppe der Kinder bis zur Vollendung des 10. Lebensjahres im Straßenverkehr besonders zu schützen, was dann auch durch eine Helmpflicht zum Ausdruck kommen kann.

---

<sup>181</sup> Vgl. Heß/Jahnke, Das neue Schadensrecht 2002, S. 46; Wagner, NJW 2002, 2060.

Wird eine Grenze bei 10 Jahren eingeführt, hätte man den „Gleichklang“ zu der gesetzlichen Regelung der Deliktsfähigkeit. Eine gesetzliche Helmpflicht würde zwar im Grundsatz bei zivilrechtlichen Schadensersatzansprüchen die Anwendung des Mitverschuldens gem. § 254 BGB eröffnen. Gegenüber noch nicht 10 Jahre alten Kindern scheitert ein Mitverschuldensvorwurf an der fehlenden Deliktsfähigkeit. Abzüge an einem Schadensersatzanspruch sind daher nicht vorzunehmen.

Ebenfalls kann das noch nicht 10 Jahre alte Kind nicht mit bußgeldrechtlichen Sanktionen belegt werden. Dies auch dann, wenn der Verstoß gegen eine gesetzliche Helmpflicht bußgeldbewehrt wird. Gem. § 12 des Ordnungswidrigkeitengesetzes handelt nicht vorwerfbar, wer bei Begehung der Tat noch nicht 14 Jahre alt ist. Das 10 Jahre alte Kind handelt daher nicht ordnungswidrig.

Gleiches gilt nach § 12 OWiG auch für das Kind bis zum Alter von 14 Jahren. Im Zivilrecht ändert sich die Situation aber ab der Vollendung des 10. Lebensjahres. Das Kind ist dann gem. § 828 Abs.2 BGB deliktsfähig und somit im Grundsatz auch einem Mitverschuldenseinwand gem. § 254 BGB ausgesetzt. In der Praxis wird dieser Einwand in der Regel nicht zu Tragen kommen (siehe Kapitel 6.5.1).

#### 6.8.4 Verfassungsrechtliche Bewertung einer Helmpflicht für Senioren

Anders sieht es bei der Beurteilung einer Helmpflicht für **Senioren** aus. Statistisch gesehen sind Fahrradfahrer über 65 weit mehr gefährdet als alle anderen Altersgruppen. Die Gefährdung steigt mit dem Alter von 80 nochmals drastisch an. Problematisch ist aber, wie bereits erwähnt, die Festlegung einer festen Altersgrenze. Es kann nicht allgemein gesagt werden, dass die Verletzungsgefahr wegen fehlender körperlicher Konstitution bei Senioren generell höher wäre als bei Erwachsenen in mittlerem Alter. Der Gesundheitszustand, die kognitiv-motorischen Fähigkeiten und die Vulnerabilität sind sehr individuell und hängen nicht allein vom Alter sondern auch von anderen Faktoren ab. Die interindividuellen Unterschiede, die Sicherheitsaspekte abbilden, steigen mit dem Alter. Insofern ist die Situation grundsätzlich anders als bei den Unterschieden zwischen Kindern und Erwachsenen, die sicher feststellbar und auf enge Altersgrenzen definierbar sind.

Die Lebensverläufe bei Senioren sind zu unterschiedlich, als dass eine starre Altersgrenze festgelegt werden könnte. Die Diskussion ähnelt an dieser Stelle auch der Diskussion um eine (freiwillige oder erzwungene) altersbedingte Rückgabe des Führerscheins, für die bisher auch keine allgemein gültigen Maßstäbe gefunden werden können. Dies ist auch nicht zuletzt der – nicht nur rechtspolitische – Grund dafür, dass Altersregeln „nach oben“ regelmäßig nicht gesetzlich geregelt sind. Vor dem Hintergrund, dass diese Studie ergeben hat, dass Senioren, insbesondere ab dem 80. Lebensjahr, ganz besonders gefährdet sind, ließe sich u.U. eine Helmpflicht ab einem so hohen Alter auch verfassungsrechtlich rechtfertigen. Allerdings stehen hier unseres Erachtens rechtspolitische und auch praktische Bedenken bei der Durchsetzung entgegen.

#### 6.8.5 Verstoß gegen den Gleichheitsgrundsatz, weil nur Radfahrer und nicht andere Verkehrsteilnehmer (Fußgänger/Autofahrer) betroffen sind?

Zu fragen ist auch, ob eine Fahrradhelmpflicht gegen das allgemeine Gleichbehandlungsgebot aus Art. 3 I GG unter dem Aspekt verstoßen würde, dass eine solche Helmpflicht zwar für Fahrradfahrer

gelten würde, nicht jedoch für andere Verkehrsteilnehmer, insbesondere Fußgänger oder auch Autofahrer.

Der Schutzbereich von Art. 3 I GG ist auch hier grundsätzlich eröffnet, da eine formale Ungleichbehandlung vorliegt. Fußgänger, Fahrradfahrer und Autofahrer sind allesamt Verkehrsteilnehmer. Aus der Gruppe der Verkehrsteilnehmer unterlägen nach Einführung einer Fahrradhelmpflicht jedoch nur die Fahrradfahrer dieser Pflicht.

Eine Ungleichbehandlung der Verkehrsteilnehmer bedürfte daher einer verfassungsrechtlichen Rechtfertigung. Die Ungleichbehandlung/ Differenzierung muss ihrerseits verhältnismäßig sein. Dazu bedarf es eines legitimen Ziels der Differenzierung, mit dem der Staat vorgefundenen Unterschieden Rechnung tragen will.

Autofahren ist weniger gefährlich als Fahrradfahren. Das Autofahren ist auf dieselbe Kilometerleistung bezogen bei Berücksichtigung der unregistrierten Alleinunfälle beim Fahrrad um den Faktor 18 sicherer als das Fahrradfahren. Auf die Expositionszeit im Verkehr bezogen beträgt der Faktor noch ca. 5-6. Eine mit einer Fahrradhelmpflicht einhergehende Differenzierung zwischen Fahrradfahrern und Autofahrern kann daher als verhältnismäßig bezeichnet werden

In Bezug auf den Fußverkehr ist die Datenlage weniger deutlich. Je nach Bezugsgröße (km oder Zeit, alle Verletzungen oder nur Kopfverletzungen, mit oder ohne Alleinunfällen/Dunkelziffer) ergibt sich hier ein unterschiedliches Bild. Das Spektrum reicht von einem um den Faktor 7,5 größeren Verletzungsrisiko beim Radverkehr bis zu einem fast identischen Unfallrisiko in Bezug auf Kopfverletzungen (siehe Tabelle 81, S. 234). Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Unabhängig von der Unfallquote kann festgehalten werden, dass Fahrräder Fahrzeuge sind mit denen deutlich höhere Geschwindigkeiten als zu Fuß erreicht werden können. Auch die Durchschnittsgeschwindigkeiten beim Radverkehr liegt deutlich höher als beim Fußverkehr. Es ist daher nicht unverhältnismäßig, wenn eine Helmpflicht nur für Radfahrer, dagegen nicht für Fußgänger eingeführt wird. Der Gleichheitsgrundsatz des Art. 3 GG spricht somit nicht dagegen, dass eine Helmpflicht nur für Radfahrer und nicht für Fußgänger oder Autofahrer eingeführt wird. Eine entsprechende Differenzierung hätte sachliche Gründe.

#### 6.8.6 Fazit

Eine allgemeine Fahrradhelmpflicht für jeden Radfahrer stößt in Bezug auf die durch Art. 2 I GG geschützte allgemeine Handlungsfreiheit unter Berücksichtigung der bisherigen BVerfG-Rechtsprechung auf keine Bedenken. Eine Fahrradhelmpflicht nur für Jugendliche und Kinder verstößt nicht gegen Art. 3 I GG. Eine Fahrradhelmpflicht für Senioren erscheint aufgrund der praktischen Abgrenzbarkeit dieser Gruppe gegenüber den übrigen fahrradfahrenden Erwachsenen dagegen problematisch und begegnet auch verfassungsrechtlichen Bedenken.

## 6.9 Pedelec – E-Bikes<sup>182</sup>

In dem in 2013 eingeführten § 1 Abs. 3 StVG ist die bis dahin umstrittenen Einordnung von Elektrofahrzeugen geregelt worden. Ob sog. Pedelecs oder E-Bikes als Kfz zu qualifizieren sind, hängt nach überwiegender Meinung von der Höchstgeschwindigkeit, der Leistung und der Art der Motorunterstützung ab<sup>183</sup>. Ein Pedelec mit elektrischem Hilfsantrieb mit einer Nennleistung von höchstens 0,25 kW, dessen Unterstützung beim Erreichen von 25 km/h oder früher, wenn der Fahrer nicht mehr tritt, sind gem. § 1 Abs. 3 StVG Fahrräder und keine Kfz. Eine gesetzliche Helmpflicht gibt es für diese Fahrräder nicht. Dies gilt auch für sog. Pedelecs, die gem. § 1 Abs. 3l StVG mit einer Anfahr- oder Schiebehilfe mit einer Beschleunigung auf max. 6 km/h (auch ohne gleichzeitiges Treten) ausgestattet sind.

Es stellt sich dann – wie auch bei den Fahrrädern allgemein die Frage einer Obliegenheit zum Tragen eines Helmes. Der Ansatzpunkt hierzu könnte ein größeres Gefährdungspotential bei der Benutzung eines Pedelecs sein. Belege aus der Unfallstatistik sind z. Z. noch nur eingeschränkt möglich. Nennenswerte Zahlen von Verletzten und Getöteten treten nur bei höheren Altersgruppen (>70) auf. Immerhin fällt der Unterschied zwischen dem Verhältnis der Getötetenzahlen von Fahrradfahrern zu Pedelecfahrern zu dem Verhältnis der Zahlen der Leichtverletzten in dieser Altersgruppe auf. Während der Anteil der Leichtverletzten Pedelecfahrer unter den leichtverletzten Fahrradfahrern und Pedelecfahrern zusammen ca. 9 % beträgt, ist der Anteil der getöteten Pedelecfahrer ca. 16 % (Statistisches Bundesamt, 2015c). Das kann als Indiz für ein erhöhtes Gefährdungspotential gedeutet werden<sup>184</sup>.

Dieses erhöhte Eigengefährdungspotential kann im Rahmen der Abwägung bei § 254 BGB zu einer Bejahung einer Obliegenheit führen. Maßgeblich wären hierzu auch Studien, in denen über die Benutzungshäufigkeit von Fahrradhelmen bei Pedelecs untersucht würden. Würden diese zu einem hohen Trageanteil (weit über 50 %) kommen, könnte § 254 BGB zur Anwendung kommen. Eine obergerichtliche Rechtsprechung zur haftungsrechtlichen Einordnung einer Helmnutzung bei Pedelecs gibt es (noch) nicht. Letztlich würde dies davon abhängen, ob ein solches allgemeines Sicherheitsbewusstsein bei Pedelecfahrern eine besondere Gefährdung von Pedelecfahrern nachweisbar ist. Voraussetzung ist auch, dass man die Gruppe von Pedelecfahrern von denen der Benutzer „normaler“ Fahrräder trennen kann und dazu also ein unterschiedliches Verkehrsbewusstsein feststellbar ist. Studien hierzu sind nicht bekannt. Wenn dem so wäre, würde dies gegenüber Pedelecfahrern den Mitverschuldensvorwurf gem. § 254 BGB eröffnen. Allerdings ist unseres Erachtens davon auszugehen, dass Pedelecfahrer nicht mit Rennradfahrern, für die ein erhöhtes Gefährdungspotential anzunehmen ist, vergleichbar sind. Man wird daher auch gegenüber Pedelecfahrern, die ohne Helm fahren, keinen Mitverschuldensvorwurf erheben können. Es fehlt an der besonderen Gefahr – und Risikoübernahme. Letztlich ist dies die Konsequenz davon, dass man diese Pedelecs als Fahrräder qualifiziert. Die Rechtsprechung, die bisher im Grundsatz gegenüber dem „normalen“ Fahrradfahrer ein Mitverschulden ablehnt, dürfte auch gegenüber Pedelecfahrern zur Anwendung kommen. E-Bikes die schneller als 25 km/h fahren sind hingegen als Kraftfahrzeuge zu werten. Für sie gelten

---

<sup>182</sup> Ternig E-Bikes zfs 2014, 244 ff., zfs 2010, 3 ff.; Jaeger zfs 2011, 663 ff.; Brockmann – SVR 2012, 210 Pedelec und Segway; Huppertz, Einordnung von Elektrofahrzeugen – NZV 2010, 390; Ziegenhardt, NJW-Spezial 2016, 585.

<sup>183</sup> OLG Hamm, Urt.v.8.1.2016, 9 U 125/15 – Ein Pedelec ist kein Kraftfahrzeug, sondern ein Fahrrad.

<sup>184</sup> Siehe auch Studie FD-StrVR 2011, 316750: hohes Unfallrisiko durch Elektrofahrzeuge.



daher die gesetzlichen Regelungen für Kraftfahrzeuge und damit insbesondere § 21a II S. 1 StVO mit der gesetzlich angeordneten Schutzhelmpflicht.

Das LG Bonn hat die Frage einer Helmpflicht für sog. Speed-Pedelecs (Höchstgeschwindigkeit über 25 km/h) offen gelassen. Es hat aber gleichwohl dem verletzten Fahrer ein Mitverschulden wegen des Nichttragens eines Schutzhelmes aufgrund der hohen Geschwindigkeit (Kollisionsgeschwindigkeit ca. 35 km/h) angelastet. Es spricht viel dafür, solche sog. Speed-Bikes, die auch über 25 km/h noch Motorunterstützung leisten, entsprechend der gesetzlichen Regelung in § 1 Abs. 3 StVG als Kraftfahrzeuge mit einer gesetzlichen Helmpflicht gem. § 21a II 1 StVO anzusehen.

## 6.10 Fahrradkindersitz/ Fahrradanhänger/ Kinderrückhaltesystem

Die gesetzliche Regelung hierzu findet sich in § 21 Abs. 3 StVO:

*„Auf Fahrrädern dürfen nur Kinder bis zum vollendeten siebten Lebensjahr von mindestens 16 Jahre alten Personen mitgenommen werden, wenn für die Kinder besondere Sitze vorhanden sind und durch Radverkleidungen oder gleich wirksame Vorrichtungen dafür gesorgt ist, dass die Füße der Kinder nicht in die Speichen geraten können. Hinter Fahrrädern dürfen in Anhängern, die zur Beförderung von Kindern eingerichtet sind, bis zu zwei Kinder bis zum vollendeten siebten Lebensjahr von mindestens 16 Jahre alten Personen mitgenommen werden. Die Begrenzung auf das vollendete siebte Lebensjahr gilt nicht für die Beförderung eines behinderten Kindes.“*

Wesentlich ist, dass auch bei Anhängern keine Pflicht zum Tragen eines Helmes gesetzlich angeordnet wurde. Es gilt nur eine entsprechende Empfehlung. Da die Mitnahme von Kindern aber auf kleine Kinder bis zum vollendeten siebten Lebensjahr begrenzt ist, kommt ein Verschulden und damit auch kein Mitverschulden des deliktsunfähigen Kindes (§ 828 Abs. 1 BGB) in Betracht. Es kann daher nur um ein Verschulden des Aufsichtspflichtigen, desjenigen, der das Kind befördert, in Betracht kommen. Hier kann ich vorab auf die allgemeinen Ausführungen oben zur Aufsichtspflicht<sup>185</sup> verweisen. Zusätzlich ist aber zu berücksichtigen, dass Anhänger in der Regel eine stabile Fahrgastzelle haben. Durch diese Schutzzone ist ein wesentlicher Unterschied zu Fahrradsitzen gegeben. Auch ist zu berücksichtigen, dass das Kind im Anhänger in der Regel auch angeschnallt ist. Die Situation beim Fahrradanhänger unterscheidet sich daher wesentlich von der eines Kindersitzes.

Wird eine gesetzliche Helmpflicht (ohne eine Sanktionsbeschränkung) eingeführt, so kann es durchaus zu einer Haftung des Aufsichtspflichtigen kommen. Die Aufsicht erstreckt sich dann auch darauf, dass ein Helm getragen wird. Für Eltern gilt – wie dargelegt<sup>186</sup> – zwar die Haftungsprivilegierung auf eigenübliche Sorgfalt. Liegt allerdings ein Verstoß gegen eine gesetzliche Pflicht vor, spricht dann einiges dafür, bei einem Verstoß auch grobe Fahrlässigkeit anzunehmen, bei der die Haftungsprivilegierung nicht greift. Dies gilt umso mehr, als die Helmpflicht gerade eingeführt wird, um das Leben und die Gesundheit zu schützen. Realisiert sich dann diese Gefahr durch das Nichttragen, so gerät der Aufsichtspflichtige schon in den Bereich der groben Fahrlässigkeit, so dass das Kind zwar keine

---

<sup>185</sup> S. 218 f.

<sup>186</sup> Die Haftungsprivilegierung des § 1664 BGB.

Abzüge von der zivilrechtlichen Schadensersatzpflicht hinnehmen muss, der Aufsichtspflichtige aber u.U. als Gesamtschuldner von einem anderen Mitschädiger (z.B. dem Autofahrer), der den Schaden ersetzt, mit in Anspruch genommen wird (Gesamtschuldnerausgleich gem. § 426 BGB).

Bei einem Fahrradanhänger könnte u.U. eine entsprechende Regelung wie in § 21a Abs.2 StVO geregelt werden, d.h. dass das Anschnallen im Anhänger das Tragen eines Schutzhelmes nicht obligat macht.

Zusammenfassend gilt auch hier, dass die Einführung einer Helmpflicht für Kinder nicht ohne Auswirkungen auf die Haftung des Aufsichtspflichtigen sein wird.

## 6.11 Identifikation eines „geeigneten Schutzhelmes“

In Abschnitt 5.3.1 (S. 237) wurde ausführlich über Helmstandards und „geeignete“ Helme referiert. Erleidet der Fahrer Kopfverletzungen, weil er keinen geeigneten Helm trug oder diesen nicht ordnungsgemäß<sup>187</sup> aufgesetzt hatte, trifft ihn auf der Basis der bestehenden Rechtsprechung kein Mitverschulden. Demjenigen, der einen Helm z.B. nicht ordnungsgemäß aufsetzt, kann nicht ein weitergehendes Mitverschulden als demjenigen zugerechnet werden, der gar keinen Helm trägt. Letztlich richtet sich die Frage, ob derjenige, der einen Helm nicht ordnungsgemäß aufsetzt, einem zivilrechtlichen Mitverschuldensvorwurf ausgesetzt ist, danach, ob man überhaupt in dem Fahrradfahren ohne Helm einen Verstoß gegen die eigene Obliegenheit gem. § 254 BGB ansieht. Dies wird weit überwiegend aber verneint (s.o.).

Selbst wenn man aber eine Obliegenheit zum Tragen eines Helmes bejaht (nach der derzeitigen Rechtsprechungslage u.U. bei besonders gefährlichen Fahrten), hängt der Mitverschuldensvorwurf bei einem falsch angelegten bzw. ungeeigneten Helm von einem Verschulden ab. Wenn der Helm nicht die Sicherheitsanforderungen erfüllt, dürfte dies mangels Erkennbarkeit/Verschulden nicht dem Radfahrer angelastet werden können.

Ein Verschulden würde voraussichtlich (Rechtsprechung dazu ist nicht bekannt) u.U. nur bejaht werden können, wenn der Helm erkennbar unbrauchbar ist (z.B. er ist gebrochen), wenn z.B. der Kinn-gurt nicht geschlossen ist oder wenn der Helm erkennbar ungeeignet ist (Reithelm). Ein Mitverschuldensvorwurf wird daher nur bei gut erkennbaren Mängeln zu bejahen sein. Ein Mitverschulden z.B. weil der Helm nicht optimal angelegt wurde, bzw. dieser schon aufgrund Alter bzw. Vorbelastungen die Schutzfunktion nicht mehr gut erfüllen kann und um Schadensfall auch nicht erfüllt hat, dürfte nicht durchgreifen. In einem solchen Fall kommen dann auch noch die Nachweisschwierigkeiten für den Schädiger, der den Mitverschuldensvorwurf erhebt, hinzu.

Als Ergebnis zur Mithaftung im Fall eines ungeeigneten Fahrradhelmes ist daher festzuhalten, dass ein Mitverschuldenseinwand sich – wenn überhaupt – nur in dem Bereich der bewussten Risikoübernahme, wie z.B. bei Rennen oder rennmäßiger Fahrweise überhaupt auswirken kann. Dann muss aber noch zusätzlich die Feststellung getroffen werden können, dass der Radfahrer die Ungeeignetheit erkennen konnte und der ungeeignete Helm müsste auch noch kausal für die eingetretenen Schäden sein.

---

<sup>187</sup> OLG Düsseldorf, r+s 1983, 143; OLG Karlsruhe, NZV 1990, 151.

## 6.12 Mieträder

Für Mieträder dürfte das gleiche gelten wie für normale Fahrräder. Da die gängigen Mieträder praktisch City-Bikes sind, ist nach der derzeitigen Rechtsprechungslage keine Obliegenheit zum Tragen eines Fahrradhelmes gegeben. Der Verleiher muss daher auch nicht einen Helm mitvermieten.

In Kapitel 5.3.3, S. 245 sind wir auf unterschiedliche Fahrradverleihsysteme eingegangen. Würde eine Helmpflicht eingeführt, würde dies – wenn keine explizite Ausnahme im Gesetzestext verankert wird – auch für Leihräder gelten. Der Verleiher (richtiger Vermieter, da ein Nutzungsentgelt gezahlt wird) hat die Verpflichtung, den Gebrauch der Sache zu gewähren (§ 535 BGB). Kann die Mietsache – das Fahrrad – aber ohne Helm aufgrund der gesetzlichen Regelung nicht gebraucht werden, ist keine vertragsgemäße Leistung gegeben. Eine gesetzliche Helmpflicht würde dazu führen, dass der Verleiher dem Entleiher einen Helm zur Nutzung der Mietsache (Fahrrad) zur Verfügung stellen muss. Hier stellen sich dann auch organisatorische Probleme für die Verleiher. Es wäre zwar rechtlich möglich, nur Fahrräder ohne Helm zur Miete anzubieten. Diese dürften aber nur mit Helm genutzt werden, d.h. eine Nutzung wäre nur zulässig, wenn der Mieter einen eigenen Helm mitbringt, hierauf wie auf die Helmbenutzungspflicht müsste er vom Vermieter auch hingewiesen werden. Unseres Erachtens würde dies den wirtschaftlichen Nutzen von Leihrädern sehr stark einschränken, da der Mieter dann immer einen Helm mitführen müsste. Ein Umstand, der der Nutzbarkeit eines Fahrradverleihsystems stark beeinträchtigen würde. Die Erfahrungen aus anderen Ländern bestätigen dies (siehe Kap. 5.3.3, S. 245).

## 6.13 Rikschas

Nach einem Urteil des OLG Dresden ist ein mehrspuriges, dreirädriges Fahrradtaxi (Fahrradrikscha) kein Fahrrad i.S. d. § 21 Abs. 3 StVO (OLG Dresden, Beschluss vom 11. 10. 2004, NJW 2005, 452). So sieht dies Huppertz nach einer teleologischen Reduktion der Verbotsnorm auch. Allerdings sei eine nicht von einem Motor betriebene Rikscha im Übrigen schon als Fahrrad zu werten, sodass § 21 a Abs. 2 StVO nicht greift<sup>188</sup>. Somit würde bei einer nicht von einem Motor angetriebenen Rikscha das gleiche wie für ein Fahrrad gelten. Eine Helmpflicht- oder Obliegenheit dürfte hier also nicht gelten.

Auf der Grundlage der Auffassung des OLG Dresden<sup>189</sup> würde eine Helmpflicht für Fahrräder nichts daran ändern, dass diese nicht als Fahrräder zu qualifizieren sind und dann auch keiner Helmpflicht für Fahrräder unterfallen würden. Letztlich wäre es aber natürlich wünschenswert bei gesetzlichen Regelungen auch klare Regelungen in Bezug auf Rikschas (dreirädrige Fahrradtaxen) zu treffen.

## 6.14 Versicherungsrechtliche Fragen

Nach derzeitiger Rechtslage führt in keinem Fall das Nichttragen eines Fahrradhelmes zu einer Kürzung einer Versicherungsleistung. Dies gilt für alle Versicherungssparten.

Ein Leistungsausschluss besteht in der privaten Krankenversicherung nur bei einer vorsätzlichen Herbeiführung des Krankheitsfalles. Gleiches gilt für eine private Berufsunfähigkeitsversicherung.

---

<sup>188</sup> Huppertz, Verkehrsrechtliche Einordnung von Rikschas, NZV 2006, 299.

<sup>189</sup> NJW 2005, 452.

Auch die private Unfallversicherung knüpft einen Leistungsausschluss an ein vorsätzliches Verhalten. Selbst derjenige, der sich einem hohen Risiko aussetzt, erleidet eine Gesundheitsschädigung unfreiwillig, wenn seine Erwartungen fehlschlagen und er sich verletzt. Der Radfahrer, der ohne Helm fährt, nimmt zwar ein erhöhtes Risiko in Kauf, er will aber nicht, dass sich dies realisiert, so dass er im Leistungsfall einen Anspruch auf ungekürzte Leistungen aus abgeschlossenen privaten Versicherungen hat. Gleiches gilt für Ansprüche aus der gesetzlichen Krankenversicherung.

Zusammenfassend bleibt es bei der ungekürzten Leistung aus gesetzlichen oder privaten Versicherungen. Dies ist auch unabhängig davon, ob es eine gesetzliche Helmpflicht gibt. Natürlich könnte eine private Versicherung in den Versicherungsbedingungen einen Ausschluss vereinbaren. Dies müsste dann wirksam in dem Vertragsverhältnis Versicherung – Versicherungsnehmer besonders vereinbart werden.

### 6.14.1 Lohnfortzahlung und Fahrradhelm

Der Anspruch auf Fortzahlung der Bezüge ist nur dann ausgeschlossen, wenn den Arbeitnehmer an der krankheitsbedingten Arbeitsunfähigkeit ein Verschulden trifft. Andere Einschränkungen als den Ausschluss bei Verschulden kennt das Gesetz nicht. Die Rechtsprechung hat die Versagung des Fortzahlungsanspruches allerdings nur dann zugelassen, wenn den Arbeitnehmer am Eintritt der zur Arbeitsunfähigkeit führenden Erkrankung ein grobes Verschulden trifft

Im Lohnfortzahlungsrecht ist anerkannt, dass u.a. auch das Nichtnutzen von vorgeschriebenen Gurten und Helmen im Straßenverkehr zum Wegfall des Lohnfortzahlungsanspruches führen können. Da es derzeit keine Helmpflicht gibt, gibt es auch keine Kürzung.

Aber auch eine grob fahrlässige Herbeiführung der Arbeitsunfähigkeit wird man daher nur in seltenen Ausnahmefällen annehmen können. Für ein zivilrechtliches Mitverschulden (§ 254 BGB) reicht bereits einfache Fahrlässigkeit. Der Wegfall der Lohnfortzahlungsverpflichtung setzt demgegenüber einen schwerwiegenden Vorwurf selbstschädigenden Verhaltens voraus. Es führt daher nicht jeder Fall des Mitverschuldens i.S.v. § 254 BGB zugleich auch zum Fortfall der Lohnfortzahlungsverpflichtung des Arbeitgebers. Ohne eine gesetzliche Helmpflicht würde daher selbst die Annahme einer Obliegenheit zum Tragen eines Fahrradhelmes nicht zum Wegfall der Lohnfortzahlung führen.

## 6.15 Schlussbetrachtung

Eine gesetzliche Helmpflicht gibt es für Fahrräder nicht.

Die Rechtsprechung ist bei der Kürzung zivilrechtlicher Ersatzansprüche gem. § 254 BGB mehr als zurückhaltend. Da insbesondere der BGH mit seinem aktuellen Urteil aus 2014 eine Obliegenheit für sog. Citybikes, insbesondere aufgrund der geringen Quote in der Erwachsenen einen Helm tragen, verneint hat, dürfte bei der Rechtsprechung des BGH in absehbarer Zeit keine andere Beurteilung realistisch sein.

Allenfalls wenn eine besondere Gefährdung besteht, kann es in eng begrenzten Fällen zur Anwendung von § 254 BGB kommen. Dies wird – auch im Hinblick auf die hohen Tragequoten – z.B. teilweise bei Rennradfahrern von Obergerichten so entschieden. Der BGH hat dies in seinem Urteil aus-

drücklich offen gelassen. Außerhalb dieses Bereiches eines gefährlichen Fahrens, scheidet ohne gesetzliche Helmpflicht ein Mitverschulden derzeit aus.

Ob eine solche, für eine Obliegenheit ausreichende besondere Gefährdung schon bei älteren Radfahrern gegeben ist, lässt sich zwar juristisch argumentieren. Im Ergebnis ist aber nicht davon auszugehen, dass ein Gericht gegenüber dieser Personengruppe ein Mitverschulden weil kein Helm getragen wird, annehmen wird.

Rechtlich hängt die Zurechnung eines Mitverschuldens von einem entsprechenden Verkehrsbewusstsein ab. Dabei hängen Trageverhalten und Mitverschulden untrennbar zusammen, wie auch das Helmurteil des BGH vom 17.6.2014 deutlich belegt.

Verfassungsrechtliche Bedenken gegen die Einführung einer gesetzlichen Helmpflicht bestehen nicht. Dies gilt auch für die Einführung einer Pflicht für Kinder bis zu 10 oder 12/14 Jahren. Eine nur auf andere Gruppen bezogene Pflicht – insbesondere Senioren – ist problematisch und dürfte zudem an Abgrenzungskriterien (ab welchem Alter) scheitern.

Wird aber eine Helmpflicht eingeführt, greift auch der Mitverschuldenseinwand nach § 254 BGB. Dies ist unabhängig davon, ob ein Verstoß mit einem Bußgeld belegt wird. Die Einführung eines entsprechenden Bußgeldtatbestandes würde mit Sicherheit auch die Tragequote erhöhen. Diese ist aber, soweit eine gesetzliche Pflicht eingeführt wird, für die Anwendung des § 254 BGB nicht erforderlich. Insoweit reicht dann schon die Tatsache, dass es eine gesetzliche Pflicht zum Tragen eines Helmes gibt, aus.

Wird somit eine Helmpflicht für Radfahrer eingeführt, kommt es in dem Fall, in dem ein Fahrradhelm die Verletzungen verhindert oder vermindert hätte, grundsätzlich zu einer Mithaft, auch wenn der Verletzte an dem Unfallgeschehen selbst keine Schuld trägt. Diese rechtliche Konsequenz kann nur dadurch verhindert werden, wenn – wie z.B. in Österreich<sup>190</sup> – die Zurechnung eines Mitverschuldens ausdrücklich ausgeschlossen wird. Rechtlich ist eine solche gesetzliche Regelung möglich. Sie stellt allerdings einen nicht unerheblichen Eingriff in unser Haftungssystem nur zur Lösung des Problems Fahrradhelm dar.

---

<sup>190</sup> Siehe 228, dort allerdings nur für die Helmpflicht für Kinder bis zur Vollendung des 12. Lebensjahres.

## 7 Zusammenfassung

Ziel der Studie war es, das Themengebiet Fahrradhelm und das Themengebiet Fahrradhelmpflicht möglichst umfassend wissenschaftlich zu bearbeiten. Die Ergebnisse kann man wie folgt zusammenfassen:

### Schutzwirkung des Fahrradhelms

Die Quantifizierung der Schutzwirkung von Fahrradhelmen ist eine zentrale Fragestellung der Studie. Es wurden daher zahlreiche Studien und Metastudien auf ihre Belastbarkeit und Vergleichbarkeit hin untersucht. Die den Stand der Technik in diesen Bereich widerspiegelnden Studien belegen eindeutig eine Schutzwirkung von Fahrradhelmen vor Kopfverletzungen bei Radfahrern. Diese steigt mit der Schwere der Verletzung.

Um die Wirksamkeit des Helmes bei Kopfverletzungen und seinen Beitrag zur Verkehrssicherheit in der Höhe präziser als bisher beschreiben zu können, wurde eine neue Methode entwickelt. Bisher wurde die Schutzwirkung nur durch einen einzigen Wert abgebildet (ca. 50 % Reduktion der Kopfverletzten abgeleitet aus Krankenhausstudien). In dieser Studie wird erstmals die Wirksamkeit des Helmes bei Kopfverletzungen differenzierter in Abhängigkeit der Verletzungsschwere berechnet. Das Ergebnis ist eine errechnete Schutzwirkung bei Kopfverletzungen. Danach werden durch das Tragen von Fahrradhelmen zwischen 20 % der Kopfverletzungen bei Leichtverletzten bis zu über 80 % der Kopfverletzungen bei besonders schwer Verletzten vermieden (Abbildung 119).

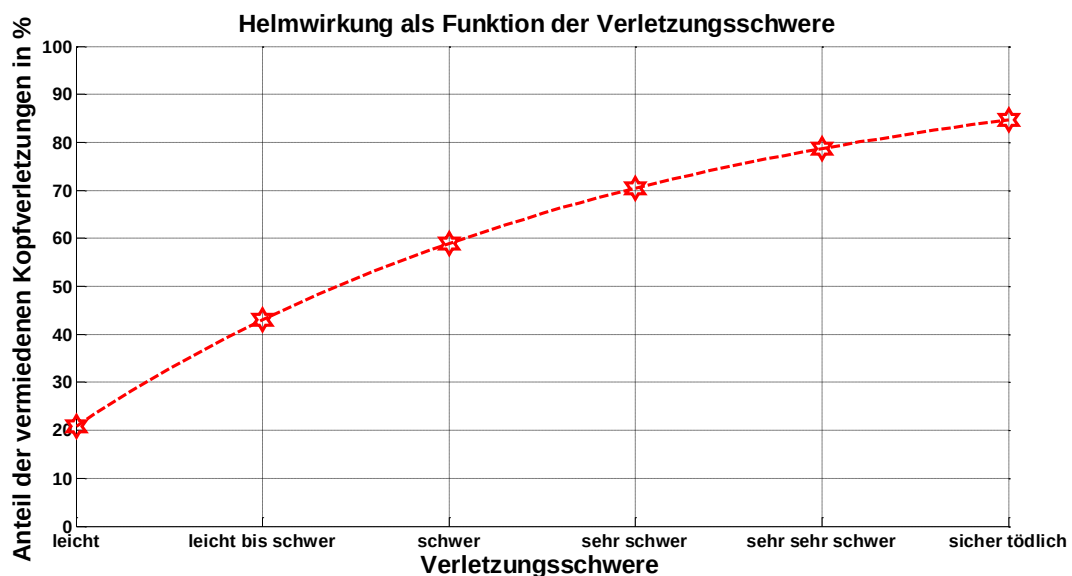


Abbildung 119: Berechnete Funktion der Helmwirkung bei Kopfverletzungen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere.

Zusätzlich wurde berücksichtigt, dass sich der Anteil der Kopfverletzungen mit zunehmender Verletzungsschwere erhöht. Die nach Verletzungsschwere differenzierte Betrachtung erlaubt es, die Wirkung von Fahrradhelmen genauer zu beschreiben als bei bisherigen Untersuchungen. Diese präzisierten Werte wurden bei der Kosten-Nutzen-Analyse genutzt.

## **Helmnutzung aktuell**

Aufgrund des nachgewiesenen hohen Sicherheitsgewinns von Fahrradhelmen ist es Ziel der Verkehrssicherheitsarbeit, die Helmtragequote zu erhöhen. Um gezielt wirksame Maßnahmen zur Erhöhung der Helmtragequote entwickeln zu können, wurden auf Basis einer repräsentativen Telefonbefragung unter Fahrradfahrern differenzierte Daten zur Nutzung des Helms ermittelt. Mehr als die Hälfte der Probanden gab an, einen Helm zu besitzen, jedoch tragen lediglich 30 Prozent diesen auch so gut wie immer (Abbildung 45, Abbildung 46, S. 105).

Betrachtet man die Helmnutzung in verschiedenen Altersgruppen, zeigt sich, dass die Hälfte der Jugendlichen, 45 Prozent der Erwachsenen und 38 Prozent der Senioren angeben, manchmal oder immer einen Helm zu trägt. Bei den Senioren ist der Anteil derjenigen, die nie einen Helm tragen, besonders hoch (Abbildung 48, S. 106).

Die Helmnutzung variiert zwischen dichter besiedelten Regionen (großstädtisch/mittelstädtisch) und eher ländlichen Regionen (kleinstädtisch, ländlich) nur gering. Überdurchschnittliche Helmtragequoten lassen sich bei Vielfahrern (Abbildung 64, S. 115) sowie bei den Fahrtzwecken Urlaub, Sport und Ausflug feststellen. Bei Alltagswegen ist die Helmtragequote geringer. Am geringsten ist sie bei Erledigungen (Abbildung 63, 114).

Es lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Helmnutzung und dem Erleben gefährlicher Situationen beim Radfahren erkennen: Befragte, die eher selten oder nie gefährliche Situationen erleben, tragen eher wenig oder nie einen Helm. Dagegen erleben jene, die eher gelegentlich oder sehr oft eine gefährliche Situation erleben, so gut wie immer einen Helm. Allerdings fahren diese Personen auch statistisch längere Strecken. Je häufiger gefährliche Situationen erlebt werden, desto eher sind die Befragten der Meinung, dass sie persönlich mit einem Fahrradhelm sicherer unterwegs sind bzw. wären als ohne Helm. Gleiches gilt für die Helmnutzung: Je mehr die Befragten glauben, dass der Helm ein Sicherheitsgewinn darstellt, desto häufiger tragen sie auch einen Helm. Ca. 1/3 der Nicht-Helmträger bezweifelt dessen Sicherheitswirkung.

Im Rahmen der Befragung dieser Studie wurden auch die Barrieren für eine Helmnutzung ermittelt. Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass die Gründe für das Fahren ohne Helm recht vielfältig sind (Abbildung 51, S. 107). Hauptmotive für die Nichtnutzung von Helmen sind (Mehrfachnennungen möglich):

- Komfortaspekte sowie ästhetische Gründe (38 %)
- Gewohnheit (17 %)
- Zweifel an der Notwendigkeit der Helmnutzung (15 %)

An diesen Punkten sollten entsprechend die Bemühungen um die Erhöhung der Helmtragequote ansetzen. Eine fehlende Helmverfügbarkeit wird nur von 8 % der Befragten als Argument angeführt. Dies ist also nicht der Hauptaspekt.

## **Methoden zur Erhöhung der Helmtragequote**

Im Rahmen der Studie wurden weltweite Daten zur Veränderung der Helmtragequote über Kampagnen sowie über eine Helmpflicht untersucht.

Durch rein kommunikative Maßnahmen und eine Sensibilisierung für die Schutzwirkung von Helmen können danach Helmtragequoten von 40 bis 50 % erreicht werden. In der Schweiz wurde beispielsweise die Helmtragequote ohne Helmpflicht in den letzten Jahren kontinuierlich von ca. 15 % im Jahr 1998 auf ca. 50 % im Jahr 2016 gesteigert. Dies wird auch auf die hohen kommunikativen Aktivitäten der Schweiz zurückgeführt.

Die meisten Länder, die eine Helmpflicht eingeführt haben, können einen signifikanten Anstieg der Helmtragequote feststellen. Werte die über die durch kommunikative Maßnahmen erreichbaren Werte hinausgehen, werden allerdings nur dort erzielt, wo auch Kontrollen und Strafen damit verbunden sind. Dort wurden teilweise Helmtragequoten von bis zu 90 % (Neuseeland) erreicht. Der Anstieg war dabei deutlich steiler als bei rein kommunikativen Ansätzen. In Finnland und der Schweden haben Helmpflichten ohne Verfolgung oder mit nur geringer Verfolgung die Helmtragequoten bei einem vergleichsweise hohen Ausgangsniveau hingegen nur unbedeutend beeinflusst.

### **Verkehrssicherheitswirkung durch Helmpflicht**

Je stärker eine Helmpflicht zu einer Erhöhung der Helmtragequote beiträgt, desto höher ist ihre Verkehrssicherheitswirkung. Zur aktuellen Helmtragequote gibt es unterschiedliche Annahmen. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) geht auf Basis von innerstädtischen Beobachtungen aktuell (2015) von einer Helmtragequote von 17 % aus. Die Repräsentativbefragung im Rahmen dieser Studie hat eine fahrleistungsgewichtete Helmtragequote<sup>191</sup> von ca. 49 % ermittelt. Der im Rahmen dieser Studie ermittelte Wert wird als Grundlage für die weiteren Berechnungen genommen.

Auf Basis der Repräsentativbefragung zu dieser Studie wurde das Helmtrageverhalten nach Einführung einer gesetzlichen Helmpflicht abgefragt. Daraus ließ sich eine erwartete fahrleistungsbezogene Helmtragequote von 82 % errechnen. Dieser Wert erscheint auch auf Grundlage internationaler Erfahrungen realistisch.

Wenn man die Werte der aktuellen Helmtragequote, die sich aus der Repräsentativbefragung ergaben, zugrunde legt, ließe sich durch eine Helmpflicht bei Radfahrern die Zahl der Leichtverletzten um ca. 2 %, Schwerverletzte um 7 %, Schwerstverletzten um ca. 15 % und die der Toten gar um ca. 30 % reduzieren. Rechnerisch summiert sich die positive Wirkung einer Helmpflicht je nach Annahme auf 569 bis 607 Lebensäquivalente<sup>192</sup>. Monetär wäre dies (je nach Wertansatz pro vermiedenem Todesfall) ein Nutzen von 700 bis 2.400 Mio. €. Noch höhere Nutzenwerte ergeben sich, wenn man in Bezug auf die aktuelle Helmtragequote die niedrigeren Helmtragequoten der BASt zugrunde legt.

Befürchtungen eines negativen Einflusses der Helmnutzung durch Mechanismen der Risikokompensation (Radfahrer oder Autofahrer fahren in Kenntnis der Schutzwirkung von Fahrradhelmen riskanter) konnten bezogen auf unvorsichtiges Fahren der Radfahrenden durch wissenschaftliche Studien nicht nachgewiesen werden. Bezogen auf das Verhalten von Kfz-Fahrern hat sich eine vielzitierte Studie zum Thema bei näherer Betrachtung als nicht belastbar erwiesen.

---

<sup>191</sup> Anteil der mit Fahrradhelm gefahrenen Kilometer aller Fahrradfahrer bezogen auf die Gesamtfahrleistung.

<sup>192</sup> Zur Definition der Lebensäquivalente siehe Kapitel 4.7.2.3, S. 194.



## **Rückgang der Fahrradnutzung durch Helmpflicht**

Während die Ergebnisse der Analyse der Helmwirkung und der Auswirkung einer Einführung einer Helmpflicht als relativ gesichert gelten können, sind Abschätzungen über den mit einer Helmpflicht einhergehenden Rückgang der Fahrradfahrleistung mit Unsicherheiten behaftet. Die Analysen von Erfahrungen in Staaten wie Neuseeland, Australien, USA oder Kanada zeichnen ein uneinheitliches Bild. Teilweise ist kein Rückgang der Fahrradfahrleistung nach der Einführung einer Helmpflicht zu erkennen, teilweise ein großer. Teilweise gleicht sich der Rückgang der Fahrradnutzung nach einigen Jahren (ca. 3-10 Jahre) ganz oder teilweise wieder aus.

In den Studien mit altersdifferenzierten Werten ist überwiegend ein Rückgang der Fahrradnutzung nur bei Kindern und Jugendlichen ablesbar. Auch der häufig zitierte Rückgang der Fahrradnutzung in Neuseeland ist fast ausschließlich auf den Rückgang der Fahrradnutzung bei den 10-bis-19-jährigen Radfahrern zurückzuführen. In anderen Altersklassen ist die Fahrradnutzung sogar gestiegen. Ein weiterer Teil des Rückgangs kann dort einem schon vor der Einführung der Helmpflicht vorhandener Trends zugeordnet werden.

In der Zusammenschau aller Daten aus anderen Ländern erscheint ein Rückgang der Fahrradnutzung, indiziert durch eine Fahrradhelmpflicht, von ca. 3 % bis 9 % in Deutschland erwartbar. Das deckt sich mit den Ergebnissen aus der Telefonbefragung der Studie, bei der nach möglicher Reduzierung des Fahrradfahrens nach der Einführung einer Helmpflicht gefragt wurde. In der Summe ergab sich daraus rechnerisch bezogen auf alle Altersgruppen eine Reduzierung der Fahrradfahrleistung durch die Einführung einer Helmpflicht um 6,8 %.

## **Mehr Tote durch Bewegungsmangel bei Rückgang der Fahrradnutzung**

Radfahren ist gesund. Mit einem Rückgang der Fahrradnutzung würde sich auch die positive Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens reduzieren.

Um die verminderte Gesundheitswirkung berechnen zu können, wurde – aufbauend auf den Empfehlungen der WHO zur Berechnung der Gesundheitswirkung von Fahrradfahrern und Fußgängern – ein neues Verfahren entwickelt. Die für die Altersgruppe der 20-64-Jährigen vorliegenden Forschungsergebnisse wurden in Ermangelung anderer geeigneter anderer Untersuchungen auf alle Altersgruppen übertragen. Nach Auswertung der Fahrradfahrleistung in Deutschland lässt sich daraus berechnen, dass in Deutschland rechnerisch 7.038 Tote jährlich auf Grund der Gesundheitswirkung des Radfahrens vermieden werden.

Berücksichtigt man, dass ein Teil der Fahrradfahrer, die nach Einführung der Helmpflicht mit dem Fahrradfahren ganz oder teilweise aufhören, die Strecken dann zu Fuß zurücklegen oder durch zusätzlichen Sport ausgleichen, führt der angenommene Rückgang der Fahrradnutzung durch eine Helmpflicht in der Bilanz rechnerisch zu 256<sup>193</sup> zusätzlichen Toten jährlich in Folge von Bewegungsmangel.

---

<sup>193</sup> 375 bei Annahme, dass das Nicht-mehr-Fahrradfahren nicht durch zusätzliche sportliche Bewegung ausgeglichen wird.

### **Positive Gesundheitswirkung durch Wechsel auf sichere Verkehrsmittel**

Bei einem Rückgang der Fahrradnutzung in Folge einer Helmpflicht würden viele Wege stattdessen mit anderen, teilweise sichereren Verkehrsmitteln durchgeführt werden. Zur Berechnung dieses Effektes wurden die veröffentlichten Kennzahlen von Verletzten und Toten pro gefahrenen Kilometer herangezogen. Diese können aus den offiziellen Unfallstatistiken und den im MiD2008 ermittelten Fahrleistungen der unterschiedlichen Verkehrsträger errechnet werden.

Internationale Forschungsergebnisse und neueste Ergebnisse des UDV und der BAST zeigen eine – abgeleitet aus Krankenhausdaten – hohe Dunkelziffer und einen hohen Anteil an Alleinunfällen. Ein Dunkelzifferrate von 60 % bis 80 % bei leichten Unfällen kann inzwischen als gesichert gelten. Bei schweren Unfällen ist die Dunkelziffer geringer. In den Berechnungen der Helmwirkung im Rahmen dieser Studie wurde die Dunkelziffer differenziert nach Verletzungsschwere auf Grundlage vorliegender Untersuchungen geschätzt und bei den Berechnungen berücksichtigt.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die übrigen betrachteten Verkehrsmittel bei den derzeitigen Verkehrsverhältnissen sowie bei der aktuellen Helmtragequote in Deutschland sicherer sind als das Fahrrad. Ein Wechsel auf diese Verkehrsmittel führt damit aktuell zu einer Reduzierung der Zahl der Verkehrsunfallopfer.

Im Rahmen der zu dieser Studie gehörenden Repräsentativbefragung wurde ermittelt, welche Verkehrsmittel die Befragten zukünftig nutzen würden, die bei einer Helmpflicht die Fahrradnutzung reduzieren oder auf eine Fahrradnutzung ganz verzichten wollen. Dadurch konnte berechnet werden, wie sich die Zahl der Unfallopfer bei einem Übergang auf ein sichereres Verkehrsmittel verändern würde. Im Ergebnis würde dieser Teileffekt rechnerisch zu einer Reduzierung der Verkehrsunfallopferzahlen um 18 Tote, 1.675 Schwerverletzte und 13.315 Leichtverletzte führen.

### **Zusätzliche Umweltkosten und Anschaffungskosten**

Mit dem Wissen um mehr Kilometer mit dem Auto und öffentlichem Verkehr lassen sich auch die zusätzlich entstehenden Umweltkosten durch Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen sowie durch Lärm und negative Effekte auf Natur und Landschaft beim Übergang auf andere Verkehrsmittel berechnen. Als Grundlage wurden die offiziellen Kennzahlen des deutschen Bundeumweltamtes herangezogen. Es ergeben sich Kosten von ca. 53 Millionen Euro durch den Übergang auf das Auto und ca. 3 Millionen Euro durch Übergang auf öffentliche Verkehrsmittel.

Die berechneten Kosten für notwendige Neuanschaffungen von Fahrradhelmen in Folge einer Helmpflicht sind mit gesamt ca. 17 Millionen € eher gering.

### **Kosten-Nutzen-Gesamtberechnung**

Die Kosten-Nutzen-Gesamtberechnung fußt auf insgesamt 268 Parametern. Bei Zusammenfassung aller Teilergebnisse errechnet sich für die Einführung einer Helmpflicht bei einer angenommenen derzeitigen Helmtragequote von 49 % ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 2,7 bis 3,9. Für die niedrigere Ist-Helmtragequote, wie sie die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht hat, ergeben sich Werte zwischen 4,3 und 5,1.

Die Höhe der Werte ist zum einen davon abhängig, ob man bei den Berechnungen die Kosten für ein Leben anhand der niedrigeren Werte der deutschen Methode oder anhand der höheren Werte internationaler Standards zugrunde legt. Zudem sind die altersdifferenzierten Werte sehr unterschiedlich.

Etwa 14 % des Nutzens der Erhöhung der Helmtragequote würde rechnerisch auf die Altersgruppe der unter 20-Jährigen fallen. Auch der Kosten-Nutzen-Faktor ist hier besonders hoch. Allerdings haben die unter 10-Jährigen heute schon eine sehr hohe Helmtragequote von ca. 70 % bis 75 %. Außerdem ist diese Altersgruppe aus Sicht der Verkehrssicherheit am wenigsten gefährdet. Bezogen auf die Fahrkilometerleistung wurde die geringste Anzahl von Unfällen registriert. Schwere Unfälle sind in dieser Altersgruppe besonders selten.

Relevanter sind die ca. 10-19-Jährigen. Bei dieser Altersgruppe ist die Helmtragequote deutlich geringer als bei den Jüngeren. Ebenso wie bei den Autofahrern ist diese Gruppe überdurchschnittlich gefährdet – die Fahrradverkehrssicherheit ist geringer als bei den 20-bis-65-Jährigen. Bei dieser Altersgruppe sind daher hohe Kosten-Nutzen-Faktoren feststellbar.

Weit mehr gefährdet sind allerdings Fahrradfahrer über 65 Jahre und noch verschärfter über 80 Jahren. Einerseits sind die aktuellen Helmtragequoten in diesen Altersgruppen besonders gering. Andererseits sind die Fahrradfahrer in diesem Alter zunehmend vulnerabel – die Zahl der Unfälle mit schweren Verletzungen ist besonders hoch. So würde eine Maßnahme mit dem Effekt der Erhöhung der Helmtragequote bei den über-65-Jährigen bei einem Fahrleistungsanteil von lediglich 15 % bezogen auf die Gesamtfahrleistung aller Fahrradfahrer immerhin 32 % des Nutzens liefern. Bei den 80-99-Jährigen ist der Nutzen einer Helmpflicht bezogen auf die Fahrleistung damit 20-fach so hoch wie für die bis-19-Jährigen. Allerdings sind bei den Personen über 65 auch die zu erwartenden Kosten überdurchschnittlich hoch. Daher ist der Kosten-Nutzen Faktor hier besonders klein.

Neben den Werten für das Leben und den Altersklassen gibt es weitere Werte, die zu starken Veränderungen der Kosten-Nutzen-Rechnung führen. Es wurden Annahmen mit einem stärkeren Rückgang der Fahrradnutzung nach Einführung einer Helmpflicht sowie einer deutlich niedrigeren Dunkelziffer bei Radverkehrsunfällen durchgerechnet.

Eine Variation berechnungsrelevanter Parameter (z. B. Annahme eines Rückgangs der Fahrradleistung von bis zu 30 %) zeigt, dass in der Summe fast immer ein Nutzen-Kosten-Verhältnis größer als 1 resultiert. Lediglich bei einer Kombination von deutlich höherem Rückgang der Fahrradnutzung (25 %) und einer Vernachlässigung der Dunkelziffer ergibt sich ein Nutzen-Kosten-Verhältnis unter 1.

Einschränkend muss allerdings bemerkt werden, dass nicht alle denkbaren Nutzen- oder Kostenfaktoren in die Rechnung eingeflossen sind. Bei den Gesundheitskosten durch einen Rückgang aktiver Bewegung in Folge einer Helmpflicht wurde gemäß des Vorgehens der WHO<sup>194</sup> nur die vermiedenen Toten berücksichtigt – nicht der Rückgang der Krankentage sowie die Kosten von Erkrankungen, die nicht zum Tod führen. Sicherlich ist auch der Platzbedarf ein gewichtiger Faktor. Es wurden keine Kosten subjektiver Werte wie Komfortverlust durch Helmtragen, subjektive Spaßwerte, etc. angenommen. Es wurden auch beispielsweise keine Kosten für zusätzlichen Nahrungsbedarf wegen mehr Sport, zusätzliche Benzinkosten oder Kosten für Fahrscheine berücksichtigt. Weiterhin fließen in die Berechnungen keine Faktoren ein, die vermutlich einen Einfluss auf die Berechnungen hätten, die aber phänomenologisch nicht als gesichert gelten können und für die es keine Quantifizierungsan-

---

<sup>194</sup> Weltgesundheitsorganisation

sätze gibt. So wurde untersucht, ob sich die Theorie der „Safety in Numbers“, das heißt die kausale Erhöhung der Verkehrssicherheit dadurch, dass viele Fahrradfahrer sicherer fahren als wenige, nachweisen oder möglicherweise sogar quantifizieren lässt. Obwohl es Hinweise für die Bestätigung der Theorie gibt, konnte dies in der Gesamtberechnung in Ermangelung gesicherter Bestätigungen der Kausalität und in Ermangelung von Daten nicht berücksichtigt werden.

### **Alternative Möglichkeiten zur Erhöhung der Verkehrssicherheit**

Fahrradhelme sind nur eine von vielen Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Sie können Unfälle nicht verhindern sondern nur unter bestimmten Rahmenbedingungen die Unfallschwere von Kopfverletzungen vermindern. Radfahrer sind zudem zumeist nicht die Verursacher von schweren Kollisionen mit Kraftfahrzeugen. Daher ist zu prüfen, ob es nicht andere Maßnahmen gibt, die Unfälle mit Radfahrern vermeiden und welche nicht allein beim Unfallopfer ansetzen. Daher wurden alternative Möglichkeiten zur Erhöhung der Verkehrssicherheit ebenfalls betrachtet.

Die Zahl möglicher Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit ist sehr hoch. Im Rahmen dieser Studie konnte das Thema nur kurz angerissen werden. Als Fazit kann man zusammenfassen, dass ein belastbarer Vergleich der Maßnahmen mit der Maßnahme „Helmpflicht“ detailliert nicht möglich ist. Für eine Gesamtschau ist die Datenlage bei weitem nicht ausreichend. Vergleiche mit Befunden aus dem Ausland sind wegen unterschiedlicher Rahmenbedingungen und in der Regel auch unterschiedlichen Bewertungssystemen nicht möglich. Für Deutschland fehlen die Befunde häufig völlig.

Viele Maßnahmen haben einen positiven Effekt auf die Straßenverkehrssicherheit. Die Nutzen-Kosten-Verhältnisse liegen in den Bereichen die in dieser Studie auch für eine Helmpflicht ermittelt wurde. Allerdings ist die Nutzenseite hier nicht speziell für den Radverkehr sondern für den Verkehr insgesamt ermittelt worden. Zudem dauert es deutlich länger bis – etwa durch Infrastrukturausbau – ein flächendeckender Sicherheitsgewinn erzielt werden kann.

### **Alternative Möglichkeiten zur Erhöhung der Helmtragequote**

Angesichts der gezeigten hohen Wirksamkeit des Helmes bei hohen Verletzungsschweren und den geringen Kosten für die Anschaffung eines Fahrradhelmes erscheint die Erhöhung der Helmtragequote ein effektives und effizientes Mittel zur Erhöhung der Verkehrssicherheit zu sein.

Die Erhöhung der Helmtragequote kann durch eine Helmpflicht erreicht werden. Dies kann aber auch mit anderen Maßnahmen wie Kampagnen, edukativen Ansätzen oder Zuschüssen zum Helmkauf erfolgen.

Bei den Erfahrungen mit Kampagnen ist das Bild nicht eindeutig. Ergebnisse in anderen Ländern zeigen, dass Helmtragequoten bis 50 % ohne Helmpflicht erzielt werden können. Allerdings wird eine entsprechende Erhöhung der Helmtragequote nur vergleichsweise langsam erreicht. Eine nachhaltige Wirkung bedarf eines hohen finanziellen Aufwandes und einer kontinuierlichen Anstrengung. Zuschüsse zum Helmkauf haben im Vergleich zu edukativen Maßnahmen einen geringen Effekt gezeigt. Die Kosten für die Anschaffung eines Helmes sind kein entscheidendes Hindernis für die Helmnutzung.

## **Prüfung der besonderen Erfordernis einer Helmpflicht beim Radverkehr**

Im Rahmen der Studie wurde auch geprüft, ob aus einer Helmpflicht für Fahrradfahrer nicht auch eine Helmpflicht für Fußgänger oder Autofahrer gefolgert werden müsse. In der Tat gibt es auch bei Fußgängern und Autofahrern eine hohe Zahl von Kopfverletzungen bei Unfällen.

Im Vergleich zwischen Radverkehr und Fußverkehr ist das Unfallrisiko für Radfahrer pro gefahrener km 2,5-mal so hoch wie für Fußgänger. Bezogen auf die Zeit ist das Unfallrisiko von Radfahrern 7,5-mal größer als die eines Fußgängers. Die Kopfverletzungsquote bei Fußgängern ist allerdings signifikant höher als bei Radfahrern. Dadurch ist das Kopfverletzungsrisiko von Fußgängern und Radfahrern je km fast identisch. Vergleicht man die Getötetenzahlen von Fußgängern und Fahrradfahren ist das Fahrrad auf die Kilometerleistung bezogen ca. 60 % sicherer, auf die Zeit bezogen doppelt so unsicher. Alleinunfälle von Fußgängern und Fahrradfahrern werden oft als Stürze und nicht als Verkehrsunfälle gewertet. Daher ist ein unmittelbarer Vergleich der Alleinunfälle und Dunkelziffern schwierig.

Im Vergleich zwischen Radverkehr und Kfz-Verkehr ist das Unfallrisiko für deutsche Radfahrer pro gefahrener km bei den derzeitigen Verkehrsverhältnissen gemäß der Daten der offiziellen Statistik fast zehnmal so hoch wie für Autofahrer. In Bezug auf die Getötetenzahlen pro Fahrkilometer ist das Auto ca. 6-mal sicherer als das Fahrrad. Berücksichtigt man die hohe Dunkelziffer bei Fahrradfahrern im Vergleich zu der bei Autofahrern, sind die Unterschiede zwischen Fahrradfahren und Autofahren noch erheblich größer. Allerdings wird bei den Kennziffern nicht zwischen Verkehrsumfeld differenziert.

Ein Vergleich zwischen Radverkehr und anderen Mobilitätsformen (Reiten, Skifahren, Inline-Skaten, etc.) im Hinblick auf die Gefährlichkeit brachte keine verwertbaren Ergebnisse. Es liegen keine ausreichenden Expositionsdaten vor.

## **Vereinbarkeit einer Helmpflicht mit Fahrradverleihsystemen**

Für Einführung und Betrieb von Fahrradverleihsystemen stellt eine Helmpflicht ein großes Hindernis dar. Heutzutage stellen zwar alle Systeme in Regionen mit Helmpflicht auch Helme kostenlos zur Verfügung, sei es durch einen Automaten oder durch eine direkte Befestigung am Fahrrad. Offenbar ist das Nutzen eines mitunter nicht desinfizierten und möglicherweise unpassenden Helms für Leihende nicht reizvoll. Einige Städte entschieden sich bewusst gegen die Einführung eines Bikesharing-Systems, da ihnen die Komplikationen in Zusammenhang mit der Helmpflicht bewusst sind. Manche Systeme mussten mangels ausreichender Nutzung ihren Betrieb einstellen.

## **Rechtliche Bewertung der Einführung einer Helmpflicht**

Im Rahmen der Studie wurde untersucht, wie sich die Einführung einer Helmpflicht rechtlich bewerten lässt. Dazu wurde die Problematik zivilrechtlich, aus versicherungsrechtlicher Sicht und aus verfassungsrechtlicher Sicht bewertet. Es wurde geprüft, ob sich die Einführung einer Fahrradhelmpflicht nur für bestimmte Altersgruppen, wie Kinder und Jugendliche oder Senioren oder für Pedelecs rechtfertigen ließe. Aus verfassungsrechtlicher Sicht wurde geprüft, ob ein Gesetz, das eine Helmpflicht für Fahrradfahrer einführt, verhältnismäßig, d.h. geeignet, erforderlich und angemessen (verhältnismäßig im engeren Sinne) ist.

Als Ergebnis kommt die Studie zu der Einschätzung, dass es keine verfassungsmäßigen Einwände gegenüber der Einführung einer gesetzlichen Helmpflicht gibt.

Eine Helmpflicht hätte voraussichtlich Auswirkungen auf die Frage der Haftung bei einem Unfall. Derzeit müssen sich nach höchstrichterlicher Rechtsprechung normale Alltagsradfahrer keine Mitschuld an den Folgen eines Unfalls anrechnen lassen, wenn Sie ohne Helm verunglücken und den Unfall nicht selber verursacht haben. Auch eine Kürzung von Versicherungsleistungen wegen grober Fahrlässigkeit aufgrund einer Nicht-Nutzung des Helmes dürfte aktuell ausscheiden.

Dies würde sich bei Einführung einer gesetzlichen Helmpflicht ändern. Die Gerichte würden dann mit hoher Wahrscheinlichkeit annehmen, dass ein ordentlicher und verständiger Mensch einen Helm trägt. Radfahrer müssten sich in der Folge darauf einstellen, bei Nicht-Tragen eines Helmes unter bestimmten Umständen eine Teilschuld bei Kopfverletzungen angerechnet zu bekommen. Auch eine Verweigerung von Versicherungsleistungen wegen grober Fahrlässigkeit käme dann in Frage.

Diesem könnte durch den Gesetzgeber dadurch begegnet werden, dass er – wie in Österreich – einen Mitverschuldenseinwand gesetzlich ausschließt. Dies wäre eine gesetzgeberische Entscheidung und auch zulässig, insbesondere vor dem Hintergrund, dass eine zunehmende Nutzung des Fahrrades gewollt ist. Es ist allerdings zu bedenken, dass eine solche Regelung einen nicht unerheblichen Eingriff in unser Haftungssystem bedeuten würde.

## **Fazit**

Die Studie belegt einen deutlich positiven Sicherheitseffekt von Fahrradhelmen. Mit einer Helmpflicht ließe sich die Helmtragequote in Deutschland voraussichtlich um über 30 % steigern. Eine Helmpflicht würde auch mit negativen Effekten einhergehen. Die Studie prognostiziert unter anderem einen Rückgang der Fahrradfahrleistung um ca. 7 % und berechnet die dadurch hervorgerufenen negative gesundheitliche Effekte durch Bewegungsmangel. Die Kosten-Nutzen-Bewertung dieser Studie ermittelt auf der Basis von insgesamt 268 Parametern ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis einer Helmpflicht. Nutzen und Kosten konzentrieren sich dabei stark auf die Altersgruppe der über 65-jährigen. Ungelöste Fragen gibt es insbesondere in Bezug auf die Vereinbarkeit einer Helmpflicht mit Fahrradverleihsystemen, in Bezug auf haftungsrechtliche Fragen sowie in Bezug auf die von der Wissenschaft bisher nicht quantifizierbaren Kosten und Nutzen einer Helmpflicht.

## 8 Literaturverzeichnis

- ABS - Australian Bureau of Statistics. (2014a). *How Australia Takes a Census, 2011*. Von <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/lookup/2903.0Main%20Features162011> abgerufen
- ABS - Australian Bureau of Statistics. (2014b). *Australian Historical Population Statistics, 2014*. Von <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/3105.0.65.0012014?OpenDocument> abgerufen
- ABS. (2013). *Historical Data - Access historical Census data and products*. Von <http://www.abs.gov.au/websitedbs/censushome.nsf/home/historicaldata?opendocument&navpos=280> abgerufen
- Abschlussbericht der vom Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr einberufenen Expertenkommission. (2010). *Fahrradhelme - wirkungsvoller Schutz vor Kopfverletzungen*.
- ACCC - Australian Competition & Consumer Commission. (2015). *Bicycle helmets*. Von <http://www.productsafety.gov.au/content/index.phtml/tag/bicyclehelmets> abgerufen
- ACE - Auto Club Europa. (2014). *Rückenwind für Leihrad-Systeme*. Von <http://www.ace-online.de/nc/der-club/news/rueckenwind-fuer-leihrad-systeme/singlepage/1.html> abgerufen
- ADAC. (2010). *Mobilität in Deutschland: Ausgewählte Ergebnisse*.
- ADAC. (2014). *Zahlen, Fakten, Wissen. Aktuelles aus dem Verkehr, Ausgabe 2014*.
- ADAC. (2014). *Zahlen, Fakten, Wissen. Aktuelles aus dem Verkehr: Ausgabe 2014*. München: ADAC.
- ADAC. (2015). *Statistiken: Unfallrisiko*. Von ADAC: <https://www.adac.de/infotestrat/ratgeber-verkehr/statistiken/ueberblick/default.aspx?ComponentId=171807&SourcePagelId=242971> abgerufen
- AIP - Asia Injury Prevention Foundation. (o. D.). *Campaign Materials*. Abgerufen am 06. März 2015 von [asiainjury.org](http://asiainjury.org): [http://asiainjury.org/newsroom/photo-gallery/gallery/?photoset\\_id=72157635054468556](http://asiainjury.org/newsroom/photo-gallery/gallery/?photoset_id=72157635054468556)
- Ajzen, I. (2006). *TPB Diagram*. Von <http://people.umass.edu/aizen/tpb.diag.html> abgerufen
- Amoros, E., Chiron, M., Martin, J. L., Thélot, B., & Laumon, B. (2011). Bicycle helmet wearing and the risk of head, face, and neck injury: a French case-control study based on a road trauma registry. *Injury Prevention, 18*, S. 27-32.
- Amoros, E., Chiron, M., Martin, J., Thélot, B., & Laumon, B. (2012). Bicycle helmet wearing and the risk of head, face, and neck injury: a French case-control study based on a road trauma registry. *Inj Prev., 18*, S. 27-32.

- Andersen, L. B., Lawlor, D. A., Cooper, A. R., Froberg, K., & Anderssen, S. A. (2009). Physical fitness in relation to transport to school in adolescents: the Danish youth and sports study. *Scand J Med Sci Sports*, 19, S. 406-411.
- Andersen, L. B., Schnohr, P., Schroll, M., & Hein, H. O. (2000). All-Cause Mortality Associated With Physical Activity During Leisure Time, Work, Sports, and Cycling to Work. *Arch Intern Med*, 160, S. 1621-1628.
- Andersen, L. B., Wedderkopp, N., Kristensen, P., Moller, N. C., Froberg, K., & Cooper, A. R. (2011). Cycling to School and Cardiovascular Risk Factors: A Longitudinal Study. *Journal of Physical Activity and Health*, 8, S. 1025-1033.
- Annear, S. (20. Mai 2013). Bicycle Helmet Vending Machines Rolling Out At Hubway Stations in July. *Boston Magazine*.
- Appel, H., Krabbel, G., & Vetter, D. (2002). *Unfallforschung, Unfallmechanik und Unfallrekonstruktion*. Wiesbaden: Vieweg.
- Assing, K., Höhnscheid, K. J., Kranz, T., & Schönebeck, S. (2010). Straßenverkehrssicherheit als wichtige Voraussetzung für nachhaltige Mobilität. *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*, 79(2), 61-76.
- Attewell, R. G., Glase, K., & McFadden, M. (2001). Bicycle helmet efficacy: a meta-analysis. *Accident Analysis and Prevention* 33, S. 345-352.
- Auerbach, K., Otte, D., & Jänsch, M. L. (2009). *Medizinische Folgen von Straßenverkehrsunfällen: Drei Datenquellen, drei Methoden, drei unterschiedliche Ergebnisse?*. FP F1100, 4309001. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Australian Bicycle Council. (2004). *Australian Cycling: Bicycle Ownership, Use and Demographics*.
- Australian Bureau of Statistics. (2012). Von <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/lookup/2903.0Main%20Features162011> abgerufen
- Bahamonde-Birke, F., Link, H., & Kunert, U. (2013). *Zahlungsbereitschaft für Verkehrssicherheit – Vorstudie* (Bd. Heft M242). Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Bambach, M. R., Mitchell, R. J., Grzebieta, R. H., & Olivier, J. (2013). The effectiveness of helmets in bicycle collisions with motor vehicles: A case-control study. *Accident Analysis & Prevention*, 53, S. 78-88.
- Bassett, J., R., D., Pucher, J., Buehler, R., Thompson, D. L., & Crouter, S. E. (2008). Walking, cycling, and obesity rates in Europe, North America and Australia. *Journal of Physical Activity & Health*, 5(6), S. 795-814.
- bast - Bundesanstalt für Straßenwesen. (2002). *Sicherheitsaudit für Straßen (SAS) in Deutschland*. Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW.
- bast - Bundesanstalt für Straßenwesen. (2015). *Verkehrs- und Unfalldaten*. Von <http://www.bast.de/DE/Statistik/statistik-start.html> abgerufen
- bast. (2014). Gurte, Kindersitze, Helme und Schutzkleidung – 2013. *Forschung Kompakt*, 11/14.



- BAST. (2015). *Volkswirtschaftliche Kosten von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland. Wissenschaftliche Informationen der Bundesanstalt für Straßenwesen.*
- Bauer, K., Schick, S., Wagner, A., Zhou, K., Peldschus, S., & Malczyk, A. (2015). *Untersuchungen zur Schutzwirkung des Fahrradhelms.* UDV. Berlin: GDV.
- Baum, H., Kranz, T., & Westerkamp, U. (2010). *Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland* (Bde. BAST-Bericht Nr. 208). Bremen: Carl Schünemann Verlag.
- Bayerische Polizei. (2014). *Kampagne "Gscheid radln!" zur Reduzierung von Verkehrsunfällen mit Beteiligung von Radfahrern 2011.* Von Polizei Bayern: <https://www.polizei.bayern.de/muenchen/schuetzenvorbeugen/verkehr/aktionen/index.html/136988> abgerufen
- Bayerische Polizei. (2015). *„Gscheid radln – aufeinander achten!“ 2015 – Kampagne zur Erhöhung der Sicherheit rund um den Fahrradverkehr.* Von Polizei Bayern: <http://www.polizei.bayern.de/muenchen/verkehr/index.html/154809> abgerufen
- Becker, U. J., Becker, T., & Gerlach, J. (2012). *Externe Autokosten in der EU-27. Überblick über existierende Studien.* Dresden: Technische Universität Dresden.
- Begg, D. J., Stephenson, S., Alsop, J., & Langley, J. (2001). Impact of graduated driver licensing restrictions on crashes involving young drivers in New Zealand. *Injury Prevention*, 7, S. 292-296.
- Besson, H., Ekelund, U., Brage, S., Luben, R., Bingham, S., Khaw, K.-T., et al. (2008). Relationship between Subdomains of Total Physical Activity and Mortality. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40, S. 1909-1915.
- bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. (2013). *SINUS-Report 2013: Sicherheitsniveau und Unfallgeschehen im Strassenverkehr 2012.* Bern: bfu.
- bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung. (2015). *STATUS 2015: Statistik der Nichtberufsunfälle und des Sicherheitsniveaus in der Schweiz, Strassenverkehr, Sport, Haus und Freizeit.* Bern: bfu.
- bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. (o. D.). *Kampagnen - Velohelm.* Abgerufen am 06. März 2015 von [www.bfu.de: http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu\\_5.178.01\\_LOVE%20VELO%20%E2%80%93%20Immer%20mit%20Helm%20%28Sujet%20Frau%29.pdf](http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu_5.178.01_LOVE%20VELO%20%E2%80%93%20Immer%20mit%20Helm%20%28Sujet%20Frau%29.pdf)
- bfu. (2016). *Helmtragquoten der Radfahrenden im Straßenverkehr.* Bern: Beratungsstelle für Unfallverhütung, Schweiz.
- BGH. (2014). *Mitteilung der Pressestelle Nr. 95/2014: Kein Mitverschulden wegen Nichttragens eines Fahrradhelms.* Von <http://juris.bundesgerichtshof.de/cgi-bin/rechtsprechung/document.py?Gericht=bgh&Art=pm&Datum=2014&Sort=3&nr=68021&pos=0&anz=95> abgerufen
- Bhatia, R., & Wier, M. (2011). "Safety in Numbers" re-examined: Can we make valid or practical inferences from available evidence? *Accident Analysis and Prevention*, 43, S. 235-240.

- BHRF - Bicycle Helmet Research Foundation. (o. J., a). *Changes in cycle use in Australia*. Von <http://www.cyclehelmets.org/1194.html#10114> abgerufen
- BHRF - Bicycle Helmet Research Foundation. (o. J., b). *Helmet laws: Victoria*. Von <http://www.cyclehelmets.org/1108.html> abgerufen
- BHRF - Bicycle Helmet Research Foundation. (o. J., c). *Helmet laws: Nova Scotia*. Von <http://www.cyclehelmets.org/1107.html> abgerufen
- BHRF - Bicycle Helmet Research Foundation. (o. J., d). *Helmet laws: British Columbia*. Von <http://www.cyclehelmets.org/1103.html> abgerufen
- BHRF - Bicycle Helmet Research Foundation. (o. J., e). *Helmet laws: California*. Von <http://www.cyclehelmets.org/1150.html> abgerufen
- BHRF - Bicycle Helmet Research Foundation. (o. J., f). *Helmet laws: Sweden*. Von <http://www.cyclehelmets.org/1017.html> abgerufen
- BHRF - Bicycle Helmet Research Foundation. (o. J., g). *City hire bikes (bike-share) and helmets*. Von <http://cyclehelmets.org/1192.html> abgerufen
- BHSI - Bicycle Helmet Safety Institute. (2012a). *A Comparison of Bicycle Helmet Standards*. Von <http://www.bhsi.org/stdcomp.htm> abgerufen
- BHSI - Bicycle Helmet Safety Institute. (2012b). *The Helmet Update*. Von <http://www.helmets.org/up1210.htm> abgerufen
- BHSI - Bicycle Helmet Safety Institute. (2015). *Helmet Laws for Bicycle Riders*. Von <http://www.helmets.org/mandator.htm> abgerufen
- Bianchi, G. (2014). *Sicherheitsanalyse zum Pferdesport in der Schweiz: Unfall-, Risikofaktoren und Interventionsanalyse*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- Bianchi, G., & Brügger, O. (2013). *Tödliche Sportunfälle in der Schweiz, 2000–2012*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- Bicycle Helmet Research Foundation. (kein Datum). *Helmet laws: what has been their effect?* Von <http://www.cyclehelmets.org/1096.html> abgerufen
- Bicycle Helmet Safety Institute. (2015). *Helmet Laws for Bicycle Riders*. Von <http://www.helmets.org/mandator.htm> abgerufen
- BITRE - Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics. (2014). *Impact of road trauma and measures to improve outcomes*. Von [https://www.bitre.gov.au/publications/2014/report\\_140.aspx](https://www.bitre.gov.au/publications/2014/report_140.aspx) abgerufen
- BMVBS. (2006). *Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung: Version 2006*. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- BMVBS. (2012). *Nationaler Verkehrsplan 2020*.
- BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2014). *Verkehr in Zahlen 2014/2015*. Hamburg: DVV Media Group GmbH.

- BMVI. (kein Datum). *alte Quelle*. <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/K/verkehr-in-zahlen.html>.
- bmvit - Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. (2013). *Radverkehr in Zahlen: Daten, Fakten und Stimmungen*. Wien: bmvit.
- bmvit - Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. (2015). *Schutzhelmpflicht für radfahrende Kinder bis 12 Jahre*. Von <http://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/sicherheit/kinder/kinderhelmpflicht.html> abgerufen
- Boston Public Health Commission. (2012). *Helmet Campaign*. Abgerufen am 06. März 2015 von [www.bphc.org](http://www.bphc.org): <http://www.bphc.org/whatwedo/childrens-health/injury-prevention/play-safe-bicycle-sports-safety/Pages/Helmet-Safety.aspx>
- Buehler, R., & Pucher, J. (2012). Walking and Cycling in Western Europe and the United States. *TR News*, 280, S. 34-42.
- Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Raumentwicklung. (2012). *Mobilität in der Schweiz: Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010*. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik.
- Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Raumentwicklung. (2015). *Entwicklung der Tagesmobilität*. Von Statistik Schweiz: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/lexikon/lex/0.topic.1.html> abgerufen
- BZgA - Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. (2014). *Sicherheitshinweise Fahrrad*.
- c/o fairkehr GmbH. (o. D.). *Die Kampagne*. Abgerufen am 06. März 2015 von [www.kopf-an.de](http://www.kopf-an.de): [http://www.kopf-an.de/uploads/media/Die\\_Kampagne\\_06.pdf](http://www.kopf-an.de/uploads/media/Die_Kampagne_06.pdf)
- Calgary Police Service. (2014). *Bicycle safety*. Von <http://www.calgary.ca/cps/Pages/Traffic/Bicycle-safety.aspx> abgerufen
- Cameron, M., Heiman, L., & Neiger, D. (1992). *Evaluation of the bicycle helmet wearing law in Victoria during its first 12 months*. Monash University Accident Research Centre, Report No. 32.
- Carpenter, C., & Stehr, M. (2011). Intended and Unintended Consequences of Youth Bicycle Helmet Laws. *Journal of Law and Economics*, 54, S. 305-324.
- Castle, S. L., Burke, R. V., Arbogast, H., & Upperman, J. S. (2012). Bicycle Helmet Legislation and Injury Patterns in Trauma Patients Under Age 18. *Journal of Surgical Research*, 173, S. 327-331.
- Cavegn, M., Ewert, U., & Allenbach, R. (2010). *Auswirkungen der Via sicura-Massnahmen: Evaluation des Nutzens der Via sicura-Massnahmen für die Verkehrssicherheit sowie deren Kosten*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- Chillón, P., Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Evenson, K. R., Labayen, I., Martínez-Vizcaino, V., et al. (2012). Bicycling to school is associated with improvements in physical fitness over a 6-year follow-up period in Swedish children. *Preventive Medicine*, 55, S. 108-112.

- CityCycle. (o. J.). *Frequently Asked Questions*. Von <http://www.citycycle.com.au/How-does-it-work/Frequently-Asked-Questions/General#faq2> abgerufen
- Commonwealth of Australia 2015, Bureau of Meteorology. (2013). *Climate Data Online*. Von Australian Government, Bureau of Meteorology: <http://www.bom.gov.au/climate/data/index.shtml?bookmark=200&view=map> abgerufen
- Commonwealth of Australia, Bureau of Meteorology. (2015). *Climate statistics for Australian locations*. Von Australian Government, Bureau of Meteorology: [http://www.bom.gov.au/jsp/ncc/cdio/cvg/av?p\\_stn\\_num=086071&p\\_prim\\_element\\_index=0&p\\_comp\\_element\\_index=0&redraw=null&p\\_display\\_type=statistics\\_summary&normals\\_years=1971-2000&tablesizebutt=normal](http://www.bom.gov.au/jsp/ncc/cdio/cvg/av?p_stn_num=086071&p_prim_element_index=0&p_comp_element_index=0&redraw=null&p_display_type=statistics_summary&normals_years=1971-2000&tablesizebutt=normal) abgerufen
- Constant, A., Messiah, A., Felonneau, M.-L., & Lagarde, E. (2012). Investigating Helmet Promoting for Cyclists: Results from a Randomised Study with Observation of Behaviour, Using a Semi-Automatic Video System. *PLoS ONE* 7(2): e31651.
- Cooper, A. R., Wedderkopp, N., Wang, H., Andersen, L. B., Froberg, K., & Page, A. S. (2006). Active travel to school and cardiovascular fitness in Danish children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*, 38, S. 1724-1731.
- Coté, T. R., Sacks, J. J., Lambert-Huber, D. A., Dannenberg, A. L., Kresnow, M. J., Lipsitz, C. M., et al. (1992). Bicycle helmet use among Maryland children: effect of legislation and education. *Pediatrics*, 89, S. 1216-1220.
- Cushman, R., Down, J., MacMillan, N., & Waclawik, H. (1991a). Helmet promotion in the emergency room following a bicycle injury: a randomized trial. *Pediatrics*, 88(1), S. 43-47.
- Cushman, R., James, W., & Waclawik, H. (1991b). Physicians promoting bicycle helmets for children: a randomized trial. *American Journal of Public Health*, 81(8), S. 1044-1046.
- Dannenberg, A. L., Coté, T. R., Kresnow, M. J., Sacks, J. J., Lipsitz, C. M., & Schmidt, E. R. (1993b). Bicycle helmet use by adults: the impact of companionship. *Public Health Reports*, 108(2), S. 212-217.
- Dannenberg, A. L., Gielen, A. C., Beilenson, P. L., Wilson, M. H., & Joffe, A. (1993). Bicycle Helmet Laws and Educational Campaigns: An Evaluation of Strategies to Increase Children's Helmet Use. *Am J Public Health*, 83, S. 667-674.
- de Jong, P. (2012). The Health Impact of Mandatory Bicycle Helmet Laws. *Risk Analysis*, 32(5), 782–790.
- de Jong, P. (2012). The Health Impact of Mandatory Bicycle Helmet Laws. *Risk Analysis*, 32, 782–790.
- de Jong, P. (2012). The Health Impact of Mandatory Bicycle Helmet Laws. *Risk Analysis*, 32, 782–790.
- de Neef, M. (2013). *Australian helmet standards – What you need to know*. Von CyclingTips: <http://cyclingtips.com.au/2013/04/australian-helmet-standards-what-you-need-to-know/> abgerufen
- Delamater, A. M., & Patino, A. M. (2003). Bicycle Helmet Wearing in Children: A Seven-Year, Observational Study in Broward County, Florida. *Children's Health Care*, 32, S. 287-295.

- Dellinger, A. M., & Kresnow, M.-J. (2010). Bicycle helmet use among children in the United States: The effects of legislation, personal and household factors. *Journal of Safety Research*, 41, S. 375-380.
- Dennis, J., Potter, B., Ramsay, T., & Zarychanski, R. (2010). The effects of provincial bicycle helmet legislation on helmet use and bicycle ridership in Canada. *Injury Prevention*, 16, S. 219-224.
- Dennis, J., Ramsay, T., Turgeon, A. F., & Zarychanski, R. (2013). Helmet legislation and admissions to hospital for cycling related head injuries in Canadian provinces and territories: interrupted time series analysis. *BMJ*, 346, S. 1-10.
- Department for Transport. (2008). *Road Casualties Great Britain: 2007 - Annual Report*. London: The Stationery Office.
- Der Polizeipräsident in Berlin. (2015). *Verkehrssicherheitsbilanz 2014*. Von <http://www.berlin.de/polizei/polizeimeldungen/pressemitteilung.269307.php> abgerufen
- deStatis. (2015b). *Bevölkerung Deutschlands bis 2060*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- deStatis. (2016). Von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/AdministrativeUebersicht.html> abgerufen
- Difu & BMVI. (2014). *Radverkehr in Deutschland: Zahlen, Daten, Fakten*. Berlin.
- DiGuseppi, C. G., Rivara, F. P., Koepsell, T. D., & Polissar, L. (1989). Bicycle helmet use by children: evaluation of a community-wide helmet campaign. *Jama*, 262(16), S. 2256-2261.
- Dill, J., Monsere, C. M., & McNeil, N. (2012). Evaluation of bike boxes at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 44, S. 126-134.
- DIN EN 1078. (2014). *Helme für Radfahrer und für Benutzer von Skateboards und Rollschuhen*.
- DIW - Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung. (2013). *Verkehr in Zahlen 2012/2013*. Hamburg: DVV Media Group.
- DLR. (2012). *Mobilitätspanel Deutschland*. Von Clearingstelle für Verkehr: <http://daten.clearingstelle-verkehr.de/192/> abgerufen
- DLR. (2016). *Mobilitätspanel Deutschland*. Von Clearingstelle für Verkehr: <http://daten.clearingstelle-verkehr.de/192/> abgerufen
- DTU Transport. (2015). The Danish National Travel Survey.
- DVR - Deutscher Verkehrssicherheitsrat. (2015). *Radhelmpflicht in Europa und weltweit*. Von [http://www.dvr.de/betriebe\\_bg/daten/radhelmpflicht\\_europa.htm](http://www.dvr.de/betriebe_bg/daten/radhelmpflicht_europa.htm) abgerufen
- Eltis. (2015). *Cycling helmets obligatory for - 18 year olds in Lithuania*. Von <http://www.eltis.org/discover/news/cycling-helmets-obligatory-18-year-olds-lithuania-0> abgerufen
- Elvik, R. (1997). Effects on Accidents of Automatic Speed Enforcement in Norway. *Transportation Research Record*, 1595, S. 14-19.

- Elvik, R. (2011). Publication bias and time-trend bias in meta-analysis of bicycle helmet efficacy: a re-analysis of Attewell, Glase and McFadden, 2001. *Accident Analysis & Prevention*, 43, S. 1245-1251.
- Elvik, R. (2013). Corrigendum to: "Publication bias and time-trend bias in meta-analysis of bicycle helmet efficacy: A re-analysis of Attewell, Glase and McFadden, 2001" [Accid. Anal. Prev. 43 (2011) 1245–1251]. *Accident Analysis and Prevention* (60), S. 245-253. doi: dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.003.
- Elvik, R. (2013). Corrigendum to: "Publication bias and time-trend bias in meta-analysis of bicycle helmet efficacy: A re-analysis of Attewell, Glase and McFadden, 2001" [Accid. Anal. Prev. 43 (2011) 1245–1251]. *Accident Analysis and Prevention* (60), S. 245-253. doi: dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.003.
- Elvik, R. (2014). Safety-in-numbers: a systematic review and meta-analysis of evidence.
- Engeln-Müllges, G., & Reutter, F. (1994). *Numerische Mathematik für Ingenieure*. Mannheim: Bibliographisches Institut.
- ETSC - European Transport Safety Council. (2007). *Social and economic consequences of road traffic injury in Europe*. Brüssel.
- ETSC. (2012). *Pedalling towards Safety*. Brussels: European Transport Safety Council.
- European Conference of Ministers of Transport (ECMT). (1998). *Efficient Transport for Europe - Policies for Internalisation of External Costs*. OECD Publications Service.
- European Union. (2015). *Statistics – accidents data*. Von Mobility and Transport: Road Safety: [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/statistics/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/index_en.htm) abgerufen
- Evers, C. (2009). *Wissenschaftliche Informationen der Bundesanstalt für Straßenwesen: Gurte, Kindersitze, Helme und Schutzkleidung - 2008*.
- fairkehr GmbH. (14. Februar 2014). *Variation der "Kopf-an" Kampagne Karlsruhe 2014*. Persönlich vom Autor zur Verfügung gestelltes Dokument.
- Farley, C., Haddad, S., & Brown, B. (1996). The effects of a 4-year program promoting bicycle helmet use among children in Quebec. *American Journal of Public Health*, 86(1), S. 46-51.
- Feeney, K. (6. September 2012). 70 per cent of CityCycle helmets go missing. *Brisbane Times*.
- Feist, F. (2009). *Schutz von Fußgängern und Radfahrern bei Lastkraftwagen*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- FGSV. (1997). „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS)“ - Aktualisierung der Richtlinien zur Anlage von Straßen – Teil: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen (RAS-W) 1986. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- Finch, C. F., Heiman, L., & Neiger, D. (1993a). *Bicycle use and helmet wearing rates in Melbourne, 1987 to 1992: The influence of the helmet wearing*. Monash University Accident Research Centre, Report No. 45.

- Finch, C. F., Newstead, S. V., Cameron, M. H., & Vulcan, A. P. (1993). *Head injury reductions in Victoria two years after introduction of mandatory bicycle helmet use*. Monash University Accident Research Center.
- Finnish Transport Agency. (1988). *Henkilöliikennetutkimus 1986*. Von [http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/147705/HLT\\_1986.pdf/a1f74121-af60-42df-91f8-3123b6e62170](http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/147705/HLT_1986.pdf/a1f74121-af60-42df-91f8-3123b6e62170) abgerufen
- Finnish Transport Agency. (2012). *Henkilöliikennetutkimus 2010-2011: suomalaisten liikkuminen*.
- Finnoff, J. T., Laskowski, E. R., Altman, K. L., & Diehl, N. N. (2001). Barriers to bicycle helmet use. *Pediatrics*, 108(1), S. E4.
- Folksam. (2015). *Vi har testat arten cykelhjälm*. Von [http://www.folksam.se/testergodarad/varatester/cykelhjalmar2015?WT.ac=IYA\\_C](http://www.folksam.se/testergodarad/varatester/cykelhjalmar2015?WT.ac=IYA_C) abgerufen
- Foss, R. D., & Beirness, D. J. (2000). *Bicycle Helmet Use in British Columbia: Effects of the Helmet Use Law*. Highway Safety Research Center.
- Froböse, I. (2006). *Cycling & Health - Kompendium gesundes Radfahren*. Köln.
- Froböse, I. (2006). *Cycling & Health - Kompendium gesundes Radfahren*. Köln.
- Froböse, I., & Wallmann-Sperlich, B. (2016). *DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“*. Köln: Zentrum für Gesundheit.
- Fyhri, A., & Bjørnskau, T. (2013). Safety in Numbers - Uncovering the mechanisms of interplay in urban transport with survey data. *Proceedings International Cycling Safety Conference*. Helmond.
- Fyhri, A., Bjørnskau, T., & Backer-Grøndahl, A. (2012). Bicycle helmets – A case of risk compensation? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15(5), S. 612-624.
- Fyhri, A., Bjørnskau, T., & Backer-Grøndahl, A. (2012). Bicycle helmets - A case of risk compensation? *Transport Research Part F*, 15, S. 612-624.
- Gamble, T., & Walker, I. (2016). Wearing a Bicycle Helmet Can Increase Risk Taking and Sensation Seeking in Adults. *Psychological Science*.
- Gamble, T., Walker, I., & Laketa, A. (2015). Bicycling campaigns promoting health versus campaigns promoting safety: A randomized controlled online study of 'dangerization'. *Journal of Transport and Health*.
- Garder, P., Leden, L., & Pulkkinen, U. (1998). Measuring the Safety Effect on Raised Bicycle Crossings Using a New Research Methodology. *Transportation Research Record*, 1636, S. 64-70.
- Gennarelli, T., & Wodzin, E. (2008). The abbreviated injury scale 2005, update 2008. *American Association for Automotive Medicine (AAAM), Des Plaines, IL, Proceedings*.
- Gesundheitsberichterstattung des Bundes. (2015). *Sterbefälle nach äußeren Ursachen und ihren Folgen (ab 1998). Gliederungsmerkmale: Jahre, Region, Alter, Geschlecht, Nationalität, ICD-*

- 10 (V-Y), ICD-10 (S-T). Von [https://www.gbe-bund.de/gbe10/pkg\\_isgbe5.prc\\_isgbe?p\\_uid=gast&p\\_aid=0&p\\_sprache=D](https://www.gbe-bund.de/gbe10/pkg_isgbe5.prc_isgbe?p_uid=gast&p_aid=0&p_sprache=D) abgerufen
- Gesundheitsberichterstattung des Bundes. (2015). *Sterbefälle nach äußeren Ursachen und ihren Folgen (ab 1998). Gliederungsmerkmale: Jahre, Region, Alter, Geschlecht, Nationalität, ICD-10 (V-Y), ICD-10 (S-T)*. Von [www.gbe-bund.de](https://www.gbe-bund.de) abgerufen
- Gesundheitsberichterstattung des Bundes. (2016). Von [http://www.gbe-bund.de/gbe10/trecherche.prc\\_them\\_rech?tk=3600&tk2=3900&p\\_uid=gast&p\\_aid=43402176&p\\_sprache=D&cnt\\_ut=1&ut=3900](http://www.gbe-bund.de/gbe10/trecherche.prc_them_rech?tk=3600&tk2=3900&p_uid=gast&p_aid=43402176&p_sprache=D&cnt_ut=1&ut=3900) abgerufen
- Gielen, A. C., Joffe, A., Dannenberg, A. L., Wilson, M. E., Beilenson, P. L., & DeBoer, M. (1994). Psychosocial factors associated with the use of bicycle helmets among children in counties with and without helmet use laws. *Journal of Pediatrics*, 124(2), S. 204-10.
- Gilchrist, J., Schieber, R. A., Leadbetter, S., & Davidson, S. C. (2000). Police enforcement as part of a comprehensive bicycle helmet program. *Pediatrics*, 106(1), S. 6-9.
- Gillham, C. (2014). *Australian bike hire schemes fail because of helmet laws*. Von <http://www.cycle-helmets.com/bike-hire-schemes.html#hire> abgerufen
- Gitelman, V., & Hakkert, S. (2005). Speed humps on local streets. In M. Winkelbauer, & C. Stefan, *Testing the efficiency assessment tools on selected road safety measures* (S. 82-95). BAST.
- Gordon-Larsen, P., Boone-Heinonen, J., Sidney, S., Sternfeld, B., Jacobs, D. R., & Lewis, C. E. (2009). Active Commuting and Cardiovascular Disease Risk - The CARDIA Study. *Arch Intern Med*, 169, S. 1216-1223.
- Gordon-Larsen, P., Boone-Heinonen, J., Sidney, S., Sternfeld, B., Jacobs, D., & Lewis, C. (2009). Active commuting and cardiovascular disease risk. The CARDIA study. *rchives of Internal Medicine*, 169(13), S. 1216-1223.
- GOV.UK. (2014). *Statistical data set - How people travel (mode) (NTS03)* . Von <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/nts03-modal-comparisons> abgerufen
- GOV.UK. (2014a). *Statistical data set - How people travel (mode) (NTS03)*. Von <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/nts03-modal-comparisons> abgerufen
- GOV.UK. (2014b). *Statistical data set - Casualties involved in reported road accidents (RAS30)*. Von <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/ras30-reported-casualties-in-road-accidents> abgerufen
- Graf, M., Ruf, O., Rüetschli, R., Scholz, S., Thoma, C., & Thomann, M. (2014). *Unfallstatistik UVG 2008–2012: Neunzehnte fünfjährige Beobachtungsperiode der Suva und fünfte fünfjährige Beobachtungsperiode aller UVG-Versicherer*. Luzern: Suva.
- Gutsche, J., Hintzpeter, B., Neuhauser, H., & Schlaud, M. (2011). Helmtragequoten bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland und vermeidbare Kopfverletzungen bei Fahrradunfällen. *Gesundheitswesen*, 73, S. 491-498.
- Gutsche, J., Hintzpeter, B., Neuhauser, H., & Schlaud, M. (2011). Prevalence of helmet use in children and adolescents in Germany and preventable bicycle-related head injuries



- [Helmtragequoten bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland und vermeidbare Kopfverletzungen bei Fahrradunfällen]. *Gesundheitswesen*, 73, S. 491-498.
- Haasper, C., Junge, M., Ernstberger, A., Brehme, H., Hannawald, L., Langer, C., et al. (2010). Die Abbreviated Injury Scale (AIS). Potenzial und Probleme bei der Anwendung. *Unfallchirurg, Mai;113(5)*, 366-372.
- Hagel, B. E., Rizkallah, J. W., Lamy, A., Belton, K. L., Jhangri, G. S., Cherry, N., et al. (2006). Bicycle helmet prevalence two years after the introduction of mandatory use legislation for under 18 year olds in Alberta, Canada. *Injury Prevention*, 12, S. 262-265.
- Hall, M., Cross, D., Howat, P., Stevenson, M., & Shaw, T. (2004). Evaluation of a school-based peer leader bicycle helmet intervention. *Injury control and safety promotion*, 11(3), S. 165-174.
- Hamer, M., & Chida, Y. (2008). Active commuting and cardiovascular risk: A meta-analytic review. *Preventive Medicine*, 46, S. 9-13.
- Hamer, M., & Chida, Y. (2008). Active commuting and cardiovascular risk: A meta-analytic review. *Preventive Medicine*, 46, S. 9-13.
- Härtel, S. (2013). *Gesundheitsfaktor Fahrrad*. Blog AGFK-BW e. V.
- Härtel, S. (2014). *Gesundheitsfaktor Fahrrad*. Karlsruher Institut für Technologie.
- Hautzinger, H., Manssen, G., Schlag, B., Müller, H. E., Pfeiffer, M., Rößger, L., et al. (2011). *Regelverstöße im Straßenverkehr: Häufigkeit, Schadenfolgen, Sanktionierung, Prävention*. Berlin: Unfallforschung der Versicherer.
- HEAT. (2015). *WHO/Europe Health Economic Assessment Tool (HEAT)*, <http://heatwalkingcycling.org/>.
- HEATCO. (2005). Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, Deliverable 2 State-of-the-art in project assessment. Stuttgart.
- Hendrie, D., Legge, M., Rosman, D., & Kirov, C. (1999). An economic evaluation of the mandatory bicycle helmet legislation in Western Australia. *Conference on Road Safety, Perth, Western Australia, November (Vol. 26)*.
- Hoevenaar-Blom, M. P., Wendel-Vos, G. C., Spijkerman, A. M., Kromhout, D., & Verschuren, W. M. (2011). Cycling and sports, but not walking, are associated with 10-year cardiovascular disease incidence: the MORGEN Study. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 18, S. 41-47.
- Holm, A. L., Glümer, C., & Diderichsen, F. (2012). Health Impact Assessment of increased cycling to place of work or education in Copenhagen. *BMJ Open*, 2, S. 1-9.
- Holte, H. (2010). *Profile im Straßenverkehr verunglückter Kinder und Jugendlicher*. Bergsich Gladbach: bast - Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Hopper, T. (25. Juli 2013). Frustrated by B.C. safety laws, Vancouver prepares to roll out helmet vending machines at bike-share stations. *National Post*.

- Hou, L., Ji, B.-T., Blair, A., Dai, Q., Gao, Y.-T., & Chow, W.-H. (2004). Commuting Physical Activity and Risk of Colon Cancer in Shanghai, China. *Am J Epidemiol*, 160, S. 860-867.
- Hövdning. (2015). *Hövdning - Airbag für Radfahrer*. Von <http://www.hovding.de/> abgerufen
- Hu, G., Qiao, Q., Silventoinen, K., Eriksson, J., Jousilahti, P., Linström, J., et al. (2003). Occupational, commuting, and leisure-time physical activity in relation to risk for Type 2 diabetes in middle-aged Finnish men and women. *Diabetologia*, 46, 322-329.
- Hummel, T., Kühn, M., Bende, J., & Lang, A. (2011). *Fahrerassistenzsysteme: Ermittlung des Sicherheitspotenzials auf Basis des Schadensgeschehens der Deutschen Versicherer*. Berlin: Unfallforschung der Versicherer.
- Hynd, D., Cuerden, R., Reid, S., & Adam, S. (2009). *The potential for cycle helmets to prevent injury - a review of the evidence*. Berkshire: IHS.
- IFU. (2015). [www.unfallforensik.de](http://www.unfallforensik.de).
- Illek, G., & Mayer, I. (2013). *Radverkehr in Zahlen. Daten, Fakten und Stimmungen*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Iten, K. (o. J.). *Klimadiagramme weltweit*. Von <http://www.iten-online.ch/klima/australien/australien/australien.htm> abgerufen
- ITHIM. (31. 1 2016). *ITHIM*. Von <http://www.cedar.iph.cam.ac.uk/research/modelling/ithim/> abgerufen
- Jacobsen, P. L. (2003). Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention*, 9, S. 205-209.
- Jahn, H., & Krey, J. (2010). *Mobilität der Stadt – Berliner Verkehr in Zahlen*. Von [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik\\_planung/zahlen\\_fakten/download/Mobilitaet dt komplett.pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/download/Mobilitaet_dt_komplett.pdf) abgerufen
- Ji, M., Gilchick, R. A., & Bender, S. J. (2006). Trends in helmet use and head injuries in San Diego County: The effect of bicycle helmet legislation. *Accident Analysis and Prevention*, 38, S. 128-134.
- Johnsen, N., Ekblond, A., Thomsen, B., & Overvad, K. T. (2013). Leisure time physical activity and mortality. *Epidemiology*, 24, S. 717–725.
- Juhra, C., Wieskötter, B., Chu, K., Trost, L., Weiss, U., Messerschmidt, M., et al. (2012). Bicycle accidents - do we only see the tip of the iceberg? A prospective multi-centre study in a large German city combining medical and police data. *Injury*, 43, S. 2026-2034.
- Kahlmeier, S., Kelly, P., Foster, C., Götschi, T., Cavill, N., Dinsdale, H., et al. (2014). *Health economic assessment tools (HEAT) for walking and for cycling. Methodology and user guide. Economic assessment of transport infrastructure and policies. 2014 Update*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Kakefuda, I., Stallones, L., & Gibbs, J. (2009). Discrepancy in bicycle helmet use among college students between two bicycle use purposes: commuting and recreation. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), S. 513-521.

- Karkhaneh, M. (2011). *Bicycle helmet use and bicyclists head injuries before and after helmet legislation in Alberta Canada*. University of Alberta, Kanada.
- Karkhaneh, M., Kalenga, J. C., Hagel, B. E., & Rowe, B. H. (2006). Effectiveness of bicycle helmet legislation to increase helmet use: a systematic review. *Injury Prevention*, 12(2), S. 76-82.
- Karkhaneh, M., Rowe, B. H., Saunders, L. D., Voaklander, D. C., & Hagel, B. E. (2013). Trends in head injuries associated with mandatory bicycle helmet legislation targeting children and adolescents. *Accident Analysis and Prevention*, 59, S. 206-212.
- Keller, W. (1971). Rating the Severity of Tissue Damage. I. The Abbreviated Injury Scale. *The Journal of the American Medical Association (JAMA)*, 11;215(2), 277-280.
- Kelly, P., Kahlmeier, S., Götschi, T., Orsini, N., Richards, J., Roberts, N., et al. (2014). Systematic review and meta-analysis of reduction in all-cause mortality from walking and cycling and shape of dose response relationship. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 11(1), S. 1-15.
- KFV - Kuratorium für Verkehrssicherheit . (2009). *Freizeitunfallstatistik 2013: Sportunfälle in Österreich nach Sportart und verletztem Körperteil*. Von KFV Unfallstatistik: [http://unfallstatistik.kfv.at/index.php?id=75&no\\_cache=1&cache\\_file=hfs\\_nav\\_cache.html&report\\_typ=%C3%96sterreich&kap\\_txt=Sportunf%C3%A4lle&tab\\_txt=Sportunf%C3%A4lle+in+%C3%96sterreich+nach+Sportart+und+verletztem+K%C3%B6rperteil](http://unfallstatistik.kfv.at/index.php?id=75&no_cache=1&cache_file=hfs_nav_cache.html&report_typ=%C3%96sterreich&kap_txt=Sportunf%C3%A4lle&tab_txt=Sportunf%C3%A4lle+in+%C3%96sterreich+nach+Sportart+und+verletztem+K%C3%B6rperteil) abgerufen
- Kidd, B. (2014). *Of bicycle laws in Japan and other mythical beasts*. Von Tokyo by bike: <http://www.tokyobybike.com/2009/02/of-bicycle-laws-in-japan-and-other.html> abgerufen
- Klimmt, C., Maurer, M., & Baumann, E. (2014). Prozessevaluation der Kampagnenfortsetzung 2011-2012" Runter vom Gas!" . *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (Heft 246)*.
- Kubitzki, J. (2013). *Nichtmotorisierte Verkehrsteilnehmer und Pedelecfahrer*. München: Allianz AG.
- Kuntz, V., Reuhl, J., & Urban, R. (2008). Stragulationsunfälle mit Fahrradhelmen: Eine unterschätzte Gefahr. *Rechtsmedizin*, 18, S. 103-106.
- Lajunen, T., & Räsänen, M. (2001). Why teenagers owning a bicycle helmet do not use their helmets. *Journal of Safety Research*, 32(3), S. 323-332.
- Lajunen, T., & Räsänen, M. (2004). Can social psychological models be used to promote bicycle helmet use among teenagers? A comparison of the Health Belief Model, Theory of Planned Behavior and the Locus of Control. *Journal of safety research*, 35(1), S. 115-123.
- Langley, J. D., Wagenaar, A. C., & Begg, D. J. (1996). An evaluation of the New Zealand Graduated Driver Licensing System. *Accid Anal and Prev*, 28, S. 139-146.
- Larsson, J. (2012). *Cykelhjälsanvändning i Sverige 1988-2011: Resultat från VTI:s observationsstudie [Bicycle helmet use in Sweden 1988-2011: Results from VTI's observational study]*. Swedish National Road and Transport Research Institute.
- League of American Bicyclists. (2013). *Bicycle commuting data*. Von <http://bikeleague.org/content/bicycle-commuting-data> abgerufen

- LeBlanc, J. C., Beattie, T. L., & Culligan, C. (2002). Effect of legislation on the use of bicycle helmets. *CMAJ*, 166, S. 592-595 .
- Lee, A. J., Mann, N. P., & Takriti, R. (2000). A hospital led promotion campaign aimed to increase bicycle helmet wearing among children aged 11–15 living in West Berkshire 1992–98 . *Injury Prevention*, 6(2), S. 151-153.
- Liikenneturva. (2013). *Traffic behaviour monitoring*. Von <http://www.liikenneturva.fi/en/research/research/traffic-behaviour-monitoring> abgerufen
- Liller, K. D., Nearn, J., Cabrera, M., Joly, B., Noland, V., & McDermott, R. (2003). Children's bicycle helmet use and injuries in Hillsborough County, Florida before and after helmet legislation. *Injury Prevention*, 9, S. 177-179.
- Lindstrom, M. (2008). Means of transportation to work and overweight and obesity: A population-based study in southern Sweden . *Preventive Medicine*, 46(1), S. 22-28.
- Lob, G., Richer, M., Pühlhofer, F., & Siegrist, J. (2008). *Prävention von Verletzungen*. Stuttgart: Schattuaer.
- Lochner, S. J., Kunz, S. N., Fischer, F. T., & Grove, C. (2015). Tödliche Skiunfälle: Forensische Begutachtung am Institut für Rechtsmedizin München 2004–2014. *Rechtsmedizin*, S. 1-6.
- Logan, P., Leadbetter, S., Gibson, R. E., Schieber, R., Branche, C., Bender, P., et al. (1998). Evaluation of a bicycle helmet giveaway program—Texas, 1995. *Pediatrics*, 101(4), S. 578-582.
- Love, D. C., Breaud, A., Burns, S., Margulies, J., Romano, M., & Lawrence, R. (2012). Is the three-foot bicycle passing law working in Baltimore, Maryland? *Accident Analysis & Prevention*, 48, S. 451-456.
- Lubbadeh, J. (2012). Sportunfälle beim Reiten: Die Gefahren beim Pferdesport. *Spiegel Online*.
- Ludwig, T. D., Buchholz, C., & Clarke, S. W. (2005). Using social marketing to increase the use of helmets among bicyclists. *Journal of American College Health*, 54(1), S. 51-58.
- Macpherson, A. K., Macarthur, C., Chipman, T. T., Chipman, M. L., Wright, J. G., & Parkin, P. C. (2006). Economic disparity in bicycle helmet use by children six years after the introduction of legislation. *Injury Prevention*, 12, S. 231-235.
- Macpherson, A., & Spinks, A. (2009). Bicycle helmet legislation for the uptake of helmet use and prevention of head injuries. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2009 (1).
- Malczyk, A. (2010). *Schwerstverletzungen bei Verkehrsunfällen. Fortschrittberichte VDI, Reihe 12: Verkehrstechnik, Fahrzeugtechnik*. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Malczyk, A., Bauer, K., Juhra, C., & Schick, S. (2014). Head Injuries in Bicyclists and Associated Crash Characteristics. *Proceedings of IRCOBI Conference (International Research Council on Biomechanics of Injury)*. Berlin.
- Mantel, N.; Haenszel, W. (1959). Statistical aspects of the analysis of data from retrospective studies of disease. *Journal of the National Cancer Institute*, 22 (4), 719–748.

- Mapes, T. (2015). *CityBikes in Helsinki*. Von About Travel: <http://goscandinavia.about.com/od/cityhelsinki/gr/helsinki-citybikes.htm> abgerufen
- Markowitz, S., & Chatterji, P. (2015). Effects of bicycle helmet laws on children's injuries. *Health Economics*, 24, S. 26-40.
- Marshall, J., & White, M. (1994). *Evaluation of the compulsory helmet wearing legislation for bicyclists in South Australia*. South Australian Department of Transport, Walkerville, SA.
- Matthews, C. E., Jurj, A. L., Shu, X., Li, H. L., Yang, G., Li, Q., et al. (2007). Influence of exercise, walking, cycling, and overall nonexercise physical activity on mortality in Chinese women. *Am J Epidemiol*, 165, S. 1343-1350.
- McIntosh, A. S., Curtis, K., Rankin, T., Cox, M., Pang, T. Y., McCrory, P., et al. (2013). Associations between helmet use and brain injuries amongst injured pedal- and motor-cyclists: A case series analysis of trauma centre presentations. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, 24, S. 11-20.
- McKeown, D. (2015). *Cycle helmet Safety*. Von SATRE Technology: [http://www.satratra.co.uk/spotlight/article\\_view.php?id=291](http://www.satratra.co.uk/spotlight/article_view.php?id=291) abgerufen
- McNally, D. S., & Whitehead, S. (2013). A computational simulation study of the influence of helmet wearing on head injury risk in adult cyclist. *Accident Analysis and Prevention* (60), S. 15-23. doi:dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.07.011.
- MEC. (2015). *Bike Helmets*. Von <http://www.mec.ca/AST/ContentPrimary/Learn/Cycling/TiresAndAccessories/BikeHelmets.jsp> abgerufen
- Meehan, W. P., Lee, L. K., Fischer, C. M., & Mannix, R. C. (2013). Bicycle helmet laws are associated with a lower fatality rate from bicycle-motor vehicle collisions. *Journal of Pediatrics*, 163, S. 726-729.
- Melbourne Bike Share. (2010). *Helmets*. Von <http://www.melbournebikeshare.com.au/helmet-locations> abgerufen
- Messiah, A., Constant, A., Contrand, B., Felonneau, M.-L., & Lagarde, E. (2012). Risk compensation: a male phenomenon? Results from a controlled intervention trial promoting helmet use among cyclists. *American Journal of Public Health*, 102, S. 204-206.
- MiD2008. (2010). infas / DLR Mobilität in Deutschland 2008.
- Miller Optik GmbH. (o. J.). *CARRERA Foldable Helmet*. Von Carrera Shop: <https://www.shop-carrera.com/carrera~c279/carrera-foldable-helmet-e00466-7gr~p18018> abgerufen
- Ministry of Transport and Communications Finland, Finnish National Road Administration, Finnish National Rail Administration and WSP Finland Ltd. (2005). *Finnish National Travel Survey 2004-2005*. Von The National Travel Survey 2004-2005: <http://www2.liikennevirasto.fi/hlt20042005/english/modes.htm> abgerufen
- Ministry of Transport New Zealand. (2009). Von HOW NEW ZEALANDERS TRAVEL, Trends in New Zealand household travel 1989 – 2008. abgerufen

- Ministry of Transport New Zealand. (2015). *Data and Spreadsheets - Household Travel Survey*. Von <http://www.transport.govt.nz/research/travelsurvey/data-and-spreadsheets-household-travel-survey/> abgerufen
- Ministry of Transport New Zealand. (2015a). *Data and Spreadsheets - Household Travel Survey*. Von <http://www.transport.govt.nz/research/travelsurvey/data-and-spreadsheets-household-travel-survey/> abgerufen
- Ministry of Transport New Zealand. (2015b). *Motor Vehicle Crashes in New Zealand 2012*. Von <http://www.transport.govt.nz/research/roadcrashstatistics/motorvehiclecrashesinnewzealand/motor-vehicle-crashes-in-new-zealand-2012/> abgerufen
- Ministry of Transport New Zealand. (2015c). *New Zealand Household Travel Survey 2009-2013*. Von <http://www.transport.govt.nz/research/travelsurvey/reportsandfactsheets/> abgerufen
- Mobilität Berlin. (2013). Von [www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik\\_planung/zahlen\\_fakten/download/Mobilitaet\\_dt\\_komplett.pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/download/Mobilitaet_dt_komplett.pdf) abgerufen
- Monheim, H., Muschwitz, C., Reimann, J., & Streng, M. (2011). *Statusanalyse Fahrradverleihsysteme: Potenziale und Zukunft kommunaler und regionaler Fahrradverleihsysteme in Deutschland*. Trier.
- Müller-Wenk, R., & Hofstetter, P. (2003). *Müller-Wenk, Ruedi, et al. Monetarisierung verkehrslärmbedingter Gesundheitsschäden*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- Nakanishi, N., & Suzuki, K. (2005). Daily life activity and the risk of developing hypertension in middle-aged Japanese men. 165, S. 214-220.
- National Highway Traffic Safety Administration. (2009). *Lives saved calculations for seat belts and frontal air bags*. US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.
- NZ Transport Agency. (2014). *Cycles: Road rules and equipment (Factsheet 1)*. Von <http://www.nzta.govt.nz/resources/factsheets/01/cycles-rules-equipment.html#standards> abgerufen
- O'Brien, S. (2010). *Measurement and Assessment of Passenger Vehicle Compatibility in Front and Side Collisions. (Dissertation, RMIT University)*.
- OECD. (31. 1 2012). *Mortality risk valuation in environment, health, and transport policies*. OECD publishing.
- OECD/International Transport Forum. (2013). *Cycling, Health and Safety*. Von OECDiLibrary: <http://dx.doi.org/10.1787/9789282105955-en> abgerufen
- Oja, P., Titze, S., Kohlberger, T., & Samitz, G. (2010). *Das Rad als Transportmittel – Gesundheitlicher Nutzen und Einflussfaktoren (Wissen 3)*. Wien: hg. v. GÖG/FGÖ. Gesundheit Österreich GmbH / Geschäftsbereich Fonds Gesundes Österreich.
- OLG Schleswig Holstein. (2013). *Pressemitteilung 17.6.2013*. Von <http://www.schleswig-holstein.de/OLG/DE/Service/Presse/Pressemeldungen/201309fahrradhelm.html> abgerufen

- Olivier, J., & Walter, S. R. (2013). Bicycle Helmet Wearing Is Not Associated with Close Motor Vehicle Passing: A Re-Analysis of Walker, 2007. *PLoS ONE*, 8.
- Olivier, J., Grzebieta, R., Wang, J., & Walter, S. (2013). Statistical Errors in Anti-Helmet Arguments. *Australasian College of Road Safety Conference – “A Safe System: The Road Safety Discussion” Adelaide*.
- Olivier, J., Walter, S. R., & Grzebieta, R. H. (2013). Long term bicycle related head injury trends for New South Wales, Australia following mandatory helmet legislation. *Accident Analysis and Prevention*, 50, S. 1128-1134.
- Orsi, C., Ferraro, O. E., Montomoli, C., Otte, D., & Morandi, A. (2014). Alcohol consumption, helmet use and head trauma in cycling collisions in Germany. *Accident Analysis & Prevention*, 65, S. 97-104.
- Otis, J., Lesage, D., Godin, G., Brown, B., Farley, C., & Lambert, J. (1992). Predicting and reinforcing children's intentions to wear protective helmets while bicycling. *Public Health Reports*, 107(3), S. 283–289.
- Otte, D. J. (2015). *Final report of Working Group 1: In-depth accident observations and injury statistics*. COST Action TU1101 / HOPE, Brüssel.
- Otte, D., Facius, T., & Wiese, B. (2013). Einflüsse auf das Verletzungsrisiko des Kopfes von Radfahrern und Nutzen von Radhelmen zur Vermeidung und Minderung von Verletzungen. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, September, S. 298 - 309.
- Otte, D., Jänsch, M., Morandi, A., Orsi, C., Stendardo, A., Bogerd, C. P., et al. (2015). *Final report of Working Group 1: In-depth accident observations and injury statistics*. COST Action TU1101 / HOPE, Brüssel.
- Owen, R., Kendrick, D., Caroline, M., Coleman, T., & Royal, S. (2005). Non-legislative interventions for the promotion of cycle helmet wearing by children. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2011, Issue 11.
- Owen, R., Kendrick, D., Mulvaney, C., Coleman, T., & Royal, S. (2011). Non-legislative interventions for the promotion of cycle helmet wearing by children. . *The Cochrane Library*.
- Parkin, P. C., Khambalia, A., Kmet, L., & Macarthur, C. (2003). Influence of socioeconomic status on the effectiveness of bicycle helmet legislation for children: a prospective observational study. *Pediatrics*, 112, S. 192-196.
- Perry, N. (2001). *The bicycle helmet legislation, curse or cure?*. University of Canterbury. Presented to Cycling 2001, Christchurch.
- Persaud, N., Coleman, E., Zwolakowski, D., Lauwers, B., & Cass, D. (Nov. 2012). Nonuse of bicycle helmets and risk of fatal head injury: a proportional mortality, case-control study. *Canadian Medical Association Journal*, 20, 184(17).
- Pfaffenbichler, P., Unterpertinger, F., Lechner, H., Simader, G., & Bannert, M. (2011). *BikeRisk-Risiken des Radfahrens im Alltag. Forschungsarbeiten des oesterreichischen Verkehrssicherheitsfonds*. Wien: Österreichische Energieagentur.

- Phillips, R. W., Fyhri, A., & Sagberg, F. (2011). Risk compensation and bicycle helmets. *Risk Analysis*, 8, S. 1187-1195.
- Physical Activity Guidelines Advisory Committee. (2008). *Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report*. Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services.
- Plass, D., Vos, T., Hornberg, C., Scheidt-Nave, C., Zeeb, H., & Krämer, A. (2014). Entwicklung der Krankheitslast in Deutschland: Ergebnisse, Potenziale und Grenzen der Global Burden of Disease-Studie. *Deutsches Ärzteblatt*, 111, S. 629-638.
- Quelle, O. a. (kein Datum).
- Quine, L., Rutter, D. R., & Arnold, L. (2001). Persuading school-age cyclists to use safety helmets: Effectiveness of an intervention based on the Theory of Planned Behaviour. *British Journal of Health Psychology*, 6(4), S. 327-345.
- Rehn, H. (o. J.). Risikogruppe Sportler.
- Reliawiki. (2015). [http://reliawiki.org/index.php/The\\_Loglogistic\\_Distribution](http://reliawiki.org/index.php/The_Loglogistic_Distribution).
- Richard, J. B., Thélot, B., & Beck, F. (2013). Evolution of bicycle helmet use and its determinants in France: 2000–2010. *Accident Analysis & Prevention*, 60, S. 113-120.
- Richter, M. (2005). Verletzungen von Fahrradfahrern. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*, 143(6), 604–605.
- Rissel, C. (2012). The impact of compulsory helmet legislation on cyclist head injuries in New South Wales, Australia: A rejoinder. *Accident Analysis and Prevention*, 45, S. 107-109.
- Rissel, C., & Wen, L. M. (2011). The possible effect on frequency of cycling if mandatory bicycle helmet legislation was repealed in Sydney, Australia: A cross sectional survey. *Health Promotion Journal of Australia*, 22(3), 178-183.
- Ritter, N., & Vance, C. (2011). The determinants of bicycle helmet use: Evidence from Germany. *Accident Analysis and Prevention*, 43(1), 95-100.
- Ritter, N., & Vance, C. (2011). The determinants of bicycle helmet use: Evidence from Germany. *Accident Analysis & Prevention*, 43, S. 95-100.
- Robinson, D. (2001). Changes in head injury with the New Zealand bicycle helmet law. *Accident Analysis & Prevention*, 33(5), 687-691.
- Robinson, D. L. (2005). Safety in numbers in Australia: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Health Promotion Journal of Australia*, 16, S. 47-51.
- Roessler, B., & Fuerstenberg, K. (2010). First european strep on cooperative intersection safety, intersafe-2. *13th International IEEE Conference in Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 422-427.
- Rojas-Rueda, D., de Nazelle, A., Teixidóe, O., & Nieuwenhuijsen, M. (2012). Replacing car trips by increasing bike and public transport in the greater Barcelona metropolitan area: A health impact assessment study. *Environment International*, 49, 100-109.
- ROSEBUD. (2005). *Recommendations - Deliverable WP5*.



- ROSEBUD. (2006). *Framework for the assessment of road safety measures*.
- Rouzier, P., & Alto, W. A. (1995). Evolution of a successful community bicycle helmet campaign. *The Journal of the American Board of Family Practice*, 8(4), S. 283-287.
- Royal, S. T., Kendrick, D., & Coleman, T. (2005). Non-legislative interventions for the promotion of cycle helmet wearing by children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2.
- Royal, S., Kendrick, D., & Coleman, T. (2007). Promoting bicycle helmet wearing by children using non-legislative interventions: systematic review and meta-analysis. *Injury prevention*, 13(3), S. 162-167.
- Ruhr-Universität Bochum. (2014). *Wirkungsanalyse der Aktion "Darauf fahr' ich ab..." (1998/1999)*. Von <http://www.ruhr-uni-bochum.de/verkehrswesen/forschung/alkohol.html> abgerufen
- Russell, K., Foisy, M., Parkin, P., & Macpherson, A. (2011). The promotion of bicycle helmet use in children and youth: an overview of reviews. *Evidence-Based Child Health: A Cochrane Review Journal*, 6(6), S. 1780-1789.
- Sahlqvist, S., Goodman, A., Simmons, R. K., Khaw, K.-T., Cavill, N., Foster, C., et al. (2013). The association of cycling with all-cause, cardiovascular and cancer mortality: findings from the population-based EPIC-Norfolk cohort. *BMJ Open*, 3, S. 1-12.
- Schafer, A., & Victor, D. (2000). The future mobility of the world population. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 34(3), S. 171-205.
- Schepers, J. P., & Heinen, E. (2013). How does a modal shift from short car trips to cycling affect road safety? *Accident Analysis and Prevention*, 50, S. 1118-1127.
- Schepers, P., Agerholm, N., Amorós, E., Benington, R., Bjørnskau, T., Dhondt, S., et al. (9. Apr 2015). An international review of the frequency of single-bicycle crashes (SBCs) and their relation to bicycle modal share. *Injury Prevention*, 21(e1), 138-143.
- Schleiniger, R., & Blöchliger, J. (2006). *Der Wert des Lebens aus ökonomischer Sicht: Methoden, Empirie, Anwendungen*. Winterthur: Winterthurer Institut für Gesundheitsökonomie, Zentrum für Wirtschaftspolitik.
- Schleinitz, K., Franke-Bartholdt, L., Petzoldt, T., Schwanitz, S., Kühn, M., & Gehlert, T. (2014). *Pedelec-Naturalistic Cycling Study. Forschungsbericht Nr. 27*. Berlin: Unfallforschung der Versicherer.
- Schleswig-Holsteinisches Oberlandesgericht. (2013). *Fahrradunfall ohne Helm – Mitverschulden an der Kopfverletzung?: Pressemitteilung 9/2013*. Von <http://www.schleswig-holstein.de/OLG/DE/Service/Presse/Pressemeldungen/201309fahrradhelm.html> abgerufen
- Schmitt, K.-U., Niederer, P. F., Cronin, D. S., Muser, M. H., & Walz, F. (2014). Kopfverletzungen. In K.-U. Schmitt, P. F. Niederer, D. S. Cronin, M. H. Muser, & F. Walz, *Trauma-Biomechanik: Einführung in die Biomechanik von Verletzungen* (S. 61-89). Berlin: Springer-Verlag.
- Schnohr, P., Marott, J., Jensen, J., & Jensen, G. (2012). Intensity versus duration of cycling, impact on all-cause and coronary heart disease mortality: the Copenhagen City Heart Study. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 19, S. 73–80.

- Schreckenberger, D., Schlittmeier, S., & Ziesenitz, A. (2005). Förderung des Helmtragens bei Rad fahrenden Kindern und Jugendlichen. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M*, 166.
- Schulz, D. (2013). *Unfälle und Verletzungen im alpinen Skisport: Zahlen und Trends der Saison 2012/2013*. Düsseldorf: Auswertungsstelle für Skiunfälle, ARAG Allgemeine Versicherungs-AG – Sportversicherung.
- Schweizer Bundesamt für Statistik. (2014). *Strassenfahrzeuge – Bestand, Motorisierungsgrad*. Von <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/03/blank/02/01/01.html> abgerufen
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. (2014). *Start der neuen Fahrradstaffel der Polizei* Berlin. Von [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/aktuell/pressebox/archiv\\_volltext.shtml?arch\\_1407/nachricht5313.html](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/aktuell/pressebox/archiv_volltext.shtml?arch_1407/nachricht5313.html) abgerufen
- Sethi, M., Heidenberg, J., Wall, S. P., Ayoung-Chee, P., Slaughter, D., Levine, D. A., et al. (2015). Bicycle helmets are highly protective against traumatic brain injury within a dense urban setting. *Injury*, 46, S. 2483-2490.
- Sieg, G. (2014). *Costs and benefits of a bicycle helmet law for Germany*. Working Papers 21, Institute of Transport Economics , University of Muenster, revised May 2014.
- Siegener, W. (2014). *Gurte, Kindersitze, Helme und Schutzkleidung – 2013*. Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH. (2013). *Fahrrad-Monitor Deutschland 2013*. Heidelberg.
- Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH. (2015). *Fahrrad-Monitor Deutschland 2015*. Heidelberg.
- Smith, N. C., & Milthorpe, F. (1993). *An Observational Survey of Law Compliance and Helmet Wearing by Bicyclists in New South Wales - 1993*. Roads and Traffic Authority, New South Wales. Transport and Network Development Branch.
- Spiegel online. (2014). *Studie: Fahrradhelm-Pflicht brächte mehr Schaden als Nutzen*. <http://www.spiegel.de/gesundheit/diagnose/fahrradhelm-pflicht-in-deutschland-braechte-mehr-schaden-als-nutzen-a-961657.html>. Letzter Zugriff. 11.2.2015.
- SrV2008. (2010). *Verkehrserhebung, Mobilität in Städten – SrV 2008 – Städtevergleich, aktualisiert Dez 2010*. Von [http://www.tu-dresden.de/srv/SrV\\_Web/Dok/Staedtevergleich\\_SrV2008.pdf](http://www.tu-dresden.de/srv/SrV_Web/Dok/Staedtevergleich_SrV2008.pdf) abgerufen
- Stadt Helsinki, Verkehrsplanungsamt. (2014). *Polkupyörälaskennat Helsingissä 2014* . Von [http://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/Liikennesuunnittelu/Liikennetutkimus/pyoralaskennat\\_2014.pdf](http://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/Liikennesuunnittelu/Liikennetutkimus/pyoralaskennat_2014.pdf) abgerufen
- Statistics Netherlands. (2015). *Population - key figures*. Von <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=LEN&PA=37296ENG&D1=0%2c68&D2=0%2c10%2c20%2c30%2c40%2c50%2c62-63&LA=EN&HDR=G1&STB=T&VW=T> abgerufen

- Statistics New Zealand. (2014). *Historical population estimates tables*. Von [http://www.stats.govt.nz/browse\\_for\\_stats/population/estimates\\_and\\_projections/historical-population-tables.aspx](http://www.stats.govt.nz/browse_for_stats/population/estimates_and_projections/historical-population-tables.aspx) abgerufen
- Statistik Austria. (2015). *Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden, Jahresergebnisse 2014*. Wien.
- Statistisches Bundesamt - alte Quelle. (kein Datum).
- Statistisches Bundesamt. (2012). *Verkehrsunfälle - Zweiradunfälle im Straßenverkehr 2011*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Bundesamt. (2013). *Gesundheit, Todesursachen in Deutschland* (Bd. Fachserie 12 Reihe 4).
- Statistisches Bundesamt. (2013a). *Verkehr auf einen Blick*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Bundesamt. (2013b). *Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2012*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Bundesamt. (2014). *Verkehrsunfälle - Zweiradunfälle im Straßenverkehr 2013*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Bundesamt. (2015). *Bevölkerungsstand*. Von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Bevoelkerungsstand.html> abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (2015). *Die 10 häufigsten Todesursachen*. Von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Todesursachen/Tabelle/HaeufigsteTodesursachen.html> abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (2015). *Verkehr, Verkehrsunfälle* (Bd. Fachserie 8 Reihe 7).
- Statistisches Bundesamt. (2015). *Verkehr, Verkehrsunfälle 2014* (Bd. Fachserie 8 Reihe 7).
- Statistisches Bundesamt. (2015a). *Bevölkerungsstand*. Von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Bevoelkerungsstand.html> abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (2015b). *Die 10 häufigsten Todesursachen*. Von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Todesursachen/Tabelle/HaeufigsteTodesursachen.html> abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (2015c). *Verkehr, Verkehrsunfälle* (Bd. Fachserie 8 Reihe 7).
- Stefan, C. (2005). Section control - automatic speed enforcement in the Kaisermühlen Tunnel (Vienna, A22 Motorway). In M. Winkelbauer, & C. Stefan, *Testing the efficiency assessment tools on selected road safety measures* (S. 24-43). BAST.
- Steiner, M., Eichhorn, A., & Bauer, R. (2010). *Analyse von Kopfverletzungen von Kindern unter 15 Jahren mit einem Fokus auf Kinder bis 10 Jahre*. Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Stevenson, T., & Lennie, J. (1992). Empowering school students in developing strategies to increase bicycle helmet wearing. *Health education research*, 7(4), S. 555-566.

- Streit, T., Chlond, B., Vortisch, P., Kagerbauer, M., Weiss, C., & Zumkeller, D. (2014). *Deutsches Mobilitätspanel (MOP) - Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen*. Bericht 2012/2013: Alltagsmobilität und Fahrleistungen. Schlussbericht zum Forschungsprojekt FE - Nr. 70.0813/ 2007, Institut für Verkehrswesen des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Sun, J.-Y., Shi, L., Gao, X.-D., & Xu, S.-F. (2012). Physical Activity and Risk of Lung Cancer: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Asian Pacific J Cancer Prev*, 13, S. 3143-3147.
- Suva. (o. D.). *Velo-Kampagne*. Abgerufen am 06. März 2015 von [www.suva.ch](http://www.suva.ch): [https://extra.suva.ch/suva/b2c/catalogQuickLink.do?catalogareaid=4CA3850A0FE6006CE10080000A63035B&shop=B2C\\_WW\\_DE&language=DE](https://extra.suva.ch/suva/b2c/catalogQuickLink.do?catalogareaid=4CA3850A0FE6006CE10080000A63035B&shop=B2C_WW_DE&language=DE)
- Svanström, L., Welander, G., Ekman, R., & Schelp, L. (2002). Development of a Swedish bicycle helmet promotion programme — one decade of experiences. *Health Promotion International*, 17(2), S. 161-169.
- SWOV - Institute for Road Safety Research. (2014). *National Travel Survey*. Von [https://www.swov.nl/ibmcognos/cgi-bin/cognos.cgi?b\\_action=powerPlayService&m\\_encoding=UTF-8&BZ=1AAABdz5ZClp42nVOTU\\_DQBD9MztUDzazC9hy4ADs1hIDaEETj9t2W4nINrA28d\\_7QJPGGOcJ8~Ly3sw4ZTEvq2IjUh72Rncq5TfAWB0hXzARcNdzVx6N~WixZAKX6HkBWubeam6dwSuiTbJ\\_iqp1CGy1061RrbH](https://www.swov.nl/ibmcognos/cgi-bin/cognos.cgi?b_action=powerPlayService&m_encoding=UTF-8&BZ=1AAABdz5ZClp42nVOTU_DQBD9MztUDzazC9hy4ADs1hIDaEETj9t2W4nINrA28d_7QJPGGOcJ8~Ly3sw4ZTEvq2IjUh72Rncq5TfAWB0hXzARcNdzVx6N~WixZAKX6HkBWubeam6dwSuiTbJ_iqp1CGy1061RrbH) abgerufen
- SWOV Institute for Road Safety Research. (2014). *National Travel Survey*. Von [https://www.swov.nl/ibmcognos/cgi-bin/cognos.cgi?b\\_action=powerPlayService&m\\_encoding=UTF-8&BZ=1AAABdz5ZClp42nVOTU\\_DQBD9MztUDzazC9hy4ADs1hIDaEETj9t2W4nINrA28d\\_7QJPGGOcJ8~Ly3sw4ZTEvq2IjUh72Rncq5TfAWB0hXzARcNdzVx6N~WixZAKX6HkBWubeam6dwSuiTbJ\\_iqp1CGy1061RrbH](https://www.swov.nl/ibmcognos/cgi-bin/cognos.cgi?b_action=powerPlayService&m_encoding=UTF-8&BZ=1AAABdz5ZClp42nVOTU_DQBD9MztUDzazC9hy4ADs1hIDaEETj9t2W4nINrA28d_7QJPGGOcJ8~Ly3sw4ZTEvq2IjUh72Rncq5TfAWB0hXzARcNdzVx6N~WixZAKX6HkBWubeam6dwSuiTbJ_iqp1CGy1061RrbH) abgerufen
- SWOV. (o. J.). *Data*. Von SWOV Institute for Road Safety Research: <http://www.swov.nl/UK/Research/cijfers/Cijfers-UK.htm> abgerufen
- Tanasescu, M., Leitzmann, M., Rimm, E. B., Willett, W. C., Stampfer, M. J., & Hu, F. B. (1994-2000 2002). Exercise Type and Intensity in Relation to Coronary Heart Disease in Men. *J Am Med Assoc*, 288.
- Taylor, M., & Scuffham, P. (2002). New Zealand bicycle helmet law—do the costs outweigh the benefits? *Injury Prevention*, 8(4), 317-320.
- Than, T. T., & Gilchrist, M. D. (2013). Comparative head injury risk analysis for cyclists wearing helmets during collision: Real-world case investigations. *5th International Conference on ESAR 2012*.
- Thatcham. (2015). *Autonomous Emergency Braking*. Von <http://www.thatcham.org/aeb> abgerufen
- The Gallup Organization. (2011). *Future of transport: Analytical report*.
- Thomas, L., Hunter, W. W., Feaganes, J. R., & Foss, R. D. (2002). *Helmet Use in North Carolina Following a Statewide Bicycle Helmet Law*. Highway Safety Research Center.

- Thompson, A. (2013). *About Cycling and Biking in Japan*. Von *Surviving in Japan*: <http://www.survivingnjapan.com/2011/09/about-cycling-and-biking-in-japan.html> abgerufen
- Thompson, D. C., Rivara, F., & Thompson, R. (1999). Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 1999, Issue 4. doi:10.1002/14651858.CD001855.
- Thompson, D. C., Thompson, R. S., Rivara, F., & Wolf, M. E. (1996a). A case-control study on the effectiveness of bicycle safety helmets in preventing facial injury. *American Journal of Public Health* 1996a;276(24), S. 1974-5.
- Thompson, J., Savino, G., & Stevenson, M. (2014). Reconsidering the Safety in Numbers Effect for Vulnerable Road Users: An Application of Agent-Based Modeling. *Traffic Injury Prevention*, 16, S. 147-153.
- Thompson, J., Savino, G., & Stevenson, M. (2015). Reconsidering the Safety in Numbers Effect for Vulnerable Road Users: An Application of Agent-Based Modeling. *Traffic Injury Prevention*, 16, S. 147-153.
- Tin Tin, S., Woodward, A., & Ameratunga, S. (2010). Injuries to pedal cyclists on New Zealand roads, 1988-2007. *BMC Public Health*, 10, S. 1-10.
- Tin Tin, S., Woodward, A., Thornley, S., & Ameratunga, S. (2011). Regional variations in pedal cyclist injuries in New Zealand: safety in numbers or risk in scarcity? *Aust NZ J Public Health*, 35, S. 357-363.
- TRL - Transport Research Laboratory. (2001). *PROMISING: Cost-benefit analysis of measures for vulnerable road users*. SWOV Institute for Road Safety Research.
- Turner, S., Singh, R., Allatt, T., Nates, G., & Ltd., B. I. (2011). *Effectiveness and Selection of Treatments for Cyclists at Signalised Intersections*. Sydney: Austroads Ltd.
- U.S. CPSC - Consumer Product Safety Commission. (2002). *Requirements of Bicycle Helmets 16 C.F.R. Part 1203*. Von <http://www.cpsc.gov/Global/Business-and-Manufacturing/Business-Education/Business-Guidance/Helmets/regsumbicyclehelmets.pdf> abgerufen
- U.S. CPSC - Consumer Product Safety Commission. (o. J.). *Which Helmet for Which Activity?* Von <http://www.cpsc.gov/en/Safety-Education/Safety-Guides/Sports-Fitness-and-Recreation/Bicycles/Which-Helmet-for-Which-Activity/> abgerufen
- Umweltbundesamt. (2007). *Externe Kosten kennen – Umwelt besser schützen*. Von [www.dfl.de/Downloads/UBA\\_070427\\_ExterneKosten-1.pdf](http://www.dfl.de/Downloads/UBA_070427_ExterneKosten-1.pdf) abgerufen
- Umweltbundesamt. (2014). *Schätzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr*. Dessau-Rosslau: Umweltbundesamt.
- Umweltbundesamt. (2016). *Energieeffizienz*. Von <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/effizienz/effizienzverkehr/> abgerufen
- v. Below, A. (2016). *Verkehrssicherheit von Radfahrern: Analyse sicherheitsrelevanter Motive, Einstellungen und Verhaltensweisen*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.

- v. Below, A. (2016). *Verkehrssicherheit von Radfahrern: Analyse sicherheitsrelevanter Motive, Einstellungen und Verhaltensweisen, Heft M 264*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Van Houten, R., Van Houten, J., & Malenfant, J. L. (2007). Impact of a comprehensive safety program on bicycle helmet use among middle-school children. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 40(2), S. 239-247.
- van Wee, B., Rietveld, P., & Meurs, H. (2002). *A constant travel time budget? In search for explanations for an increase in average travel. Research Memorandum 2002-31*. Amsterdam: Universität Amsterdam.
- VFBV. (2015a). *Fahrrad-Bußgeldkatalog & Bußgeldrechner 2015*. Von Bußgeldkatalog 2015: <https://fahrrad.bussgeldkatalog.org/> abgerufen
- VFBV. (2015b). *MPU – Die Medizinisch-Psychologische Untersuchung*. Von Bußgeldkatalog 2015: [https://www.bussgeldkatalog.org/mpu/#welche\\_grnde\\_gibt\\_es\\_fr\\_die\\_mpu](https://www.bussgeldkatalog.org/mpu/#welche_grnde_gibt_es_fr_die_mpu) abgerufen
- Vortisch, P., Chlond, B., Weiß, C., Streit, T., Wirtz, M., & Zumkeller, D. (2012). *Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – wissenschaftliche Begleitung und erste Auswertungen*. Karlsruhe.
- Voukelatos, A., & Rissel, C. (2010). The effects of bicycle helmet legislation on cycling-related injury: the ratio of head to arm injuries over time. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, 21, S. 50-55.
- Wagner, A. S. (2001). Leisure-time physical activity and regular walking or cycling to work are associated with adiposity and 5 y weight gain in middle-aged men: The PRIME study. *International Journal of Obesity*, 25, 940-948.
- Walker, I. (2007). Drivers overtaking bicyclists: Objective data on the effects of riding position, helmet use, vehicle type and apparent gender. *Accident Analysis and Prevention*, 39, S. 417-425.
- Walker, I. (2007). Drivers overtaking bicyclists: Objective data on the effects of riding position, helmet use, vehicle type and apparent gender. *Accident Analysis & Prevention*, 39, S. 417-425.
- Walker, M. (1991). *Law Compliance Among Cyclists in New South Wales, April 1991*. NSW Roads and Traffic Authority, Rosebery, NSW.
- Walker, M. B. (1990). *Law compliance and helmet use among cyclists in New South Wales*. For the Roads and Traffic Authority, NSW. Road Safety Bureau Consultants Report CR 6/90.
- Walker, M. B. (1992). *Law compliance among cyclists in New South Wales, April 1992: A third survey*. For the NSW Roads and Traffic Authority, Network Efficiency Branch.
- Walter, E., Achermann Stürmer, Y., Scaramuzza, G., Niemann, S., & Cavegn, M. (2012). *bfu-Sicherheitsdossier Nr. 08: Fahrradverkehr*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- Walter, S. R., Olivier, J., Churches, T., & Grzebieta, R. (2011). The impact of compulsory cycle helmet legislation on cyclist head injuries in New South Wales, Australia. *Accident Analysis and Prevention*, 43, S. 2064-2071.

- Walter, S. R., Olivier, J., Churches, T., & Grzebieta, R. (2013). The impact of compulsory helmet legislation on cyclist head injuries in New South Wales, Australia: A response. *Accident Analysis & Prevention*, 52, S. 204-209.
- Walther, C., Röhling, W., Burg, R., & Schäfer, T. (2008). *Kosten-Nutzen-Analyse: Bewertung der Effizienz von Radverkehrsmaßnahmen. Abschlussbericht Forschungsprogramm Stadtverkehr (FoPS), Projekt 70.785/2006.*
- Wandtner, B. (2015). *Forschung kompakt 09/15 - Gurte, Kindersitze, Helme und Schutzkleidung - 2014.* (bast, Hrsg.) Von bast: <http://www.bast.de/DE/Publikationen/Foko/2015-2014/2015-09.html> abgerufen
- Wen, L. M., & Rissel, C. (2008). Inverse associations between cycling to work, public transport, and overweight and obesity: findings from a population based study in Australia. *Prev Med*, 46, S. 29-32.
- Whitecross, D. (Januar 2012). Council's bike scheme pedalling city into cycle of debt. *Village News*, 9.
- WHO - Weltgesundheitsorganisation. (2010). *Global Recommendations on Physical Activity for Health.* Gefn: WHO.
- WHO - Weltgesundheitsorganisation. (2014). *HEAT for cycling.* Von HEAT - Healt economic assessment tool: <http://heatwalkingcycling.org/index.php?pg=cycling&act=start> abgerufen
- WHO. (2015). *Mortality Database.* Von <http://data.euro.who.int/dmdb/> abgerufen
- Wilde, G. (1994). *Target risk: Dealing with the danger of death, disease and damage in everyday decisions.* Toronto: PDE publications.
- Wilde, G. J. (1994). *Dealing with the danger of death, disease and damage in everyday decisions.* Toronto: PDE Publications.
- Willinger, R., Halldin, P., Bogerd, C. P., Deck, C., & Fahlstedt, M. (2015). *Final report of Working Group 3: Impact Engineering.* COST Action TU1101 / HOPE, Brüssel.
- Winkelbauer, M., & Stefan, C. (2005). *Testing the efficiency assessment tools on selected road safety measures.* ROSEBUD Workpackage 4, Wien.
- Winn, G. L., Jones, D. F., & Bonk, C. J. (1992). Taking It to the Streets Helmet Use and Bicycle Safety As Components of Inner-City Youth Development. *Clinical pediatrics*, 31(11), S. 672-677.
- Witschel, J., & Souren, R. (2014). Kapazitätswirtschaftliche Analyse der Strukturelemente und Determinanten des Bikesharing. In N. Bach, G. Brähler, A. Geigenmüller, & R. Souren, *Ilmenauer Schriften zur Betriebswirtschaftslehre.* Ilmenau: proWiWi e. V.
- Wolin, K. Y., Yan, Y., Colditz, G. A., & Lee, I.-M. (2009). Physical activity and colon cancer prevention: a meta-analysis. *British Journal of Cancer*, 100, S. 611-616.
- Woodcock, J., Edwards, P., Tonne, C., Armstrong, B. G., Ashiru, O., Banister, D., et al. (2009). Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: urban land transport. *The Lancet*, 374 (9705), S. 1930-1943.

- Woodcock, J., Franco, O. H., Orsini, N., & Roberts, I. (2011). Non-vigorous physical activity and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis of cohort studies. *International Journal of Epidemiology*, 40, S. 121-138.
- Woolf, J. (2015). *Morpher*. Von <http://www.morpherhelmet.com/> abgerufen
- World Health Organization. (2014). Development of the health economic assessment tools (HEAT) for walking and cycling. *Meeting report of the consensus workshop in Bonn, Germany, 1–2 October 2013*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- WSP Finland Ltd. (2012). *Overview (xlsx file, updated 13.12.2012)*. Von <http://www.liikennevirasto.fi/web/en/search-results?q=Finns%26%2339%3B+domestic+trips%3A+trip+count%2C+total+travel+distance+and+modal+split> abgerufen
- Wu, Y., Zhang, D., & Kang, S. (2013). Physical activity and risk of breast cancer: a meta-analysis of prospective studies. *Breast Cancer Res Treat*, 137, S. 869-882.
- Wübben, Y., Dotzler, B., Seger, C., & Lenz, B. &. (2005). *Das Zeitbudget der Mobilität aus kulturgeschichtlicher Perspektive: Eine Pilotstudie des Deutschen Zentrums für Luft-und Raumfahrt eV in der Helmholtzgesellschaft*. Institut für Verkehrsforschung, DLR.
- Yannis, G., & Evgenikos, P. (2005). Traffic calming measures: Implementation of low cost traffic engineering measures at municipality level. In M. Winkelbauer, & C. Stefan, *Testing the efficiency assessment tools on selected road safety measures* (S. 96-113). BAST.
- Yannis, G., & Papadimitriou, E. (2005). Intensification of police enforcement (speed and alcohol). In M. Winkelbauer, & C. Stefan, *Testing the efficiency assessment tools on selected road safety measures* (S. 168-184). BAST.
- YouGov. (2015). Omnibus Daily für dpa zum Thema "Helmpflicht".
- Zahavi, Y. (1974). *Travel Time Budget and Mobility in Urban Areas, Final Report, FHWA PL 8183*.
- Zeegers, T. (2015). Overestimation of the effectiveness of the bicycle helmet by the use of odds ratios. *4th International Cycling Safety Conference 2015 15-16 September 2015, Hannover*.
- Zhu, T. H., Aaland, M. O., Kerrigan, C., Schiebel, R., Henry, H., & Hollister, L. (2011). Preventable head and facial injuries by providing free bicycle helmets and education to preschool children in a head star program. *Health*, 3, S. 689-697.



## 9 Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Untersuchte vermutete Vor- und Nachteile.....                                                                                                                              | 8  |
| Abbildung 2: Verteilung der verletzten Körperregionen von verunfallten und medizinisch erfassten<br>Fahrradfahrern zwischen 1999 und 2005 in England. ....                              | 11 |
| Abbildung 3: Mengen von Verletzten und Unverletzten nach einem Unfall.....                                                                                                              | 29 |
| Abbildung 4: Odds Ratios in Abhängigkeit vom Schweregrad der Verletzung in AIS. ....                                                                                                    | 32 |
| Abbildung 5: Häufigkeit der AIS-Grade bei Fahrradfahrern (nach Otte et al., 2013). ....                                                                                                 | 32 |
| Abbildung 6: Exponentialfit der Daten von Abbildung 5 (nach Otte et al., 2013). ....                                                                                                    | 33 |
| Abbildung 7: Berechnete Funktion OR(AIS) im Vergleich zu den veröffentlichten Werten. ....                                                                                              | 34 |
| Abbildung 8: Korrigierte Werte der Kopfverletzungsquote und Approximation in Abhängigkeit der<br>Verletzungsschwere. ....                                                               | 37 |
| Abbildung 9: Einfluss der Helmtragequote auf Kopfverletzungsquote. ....                                                                                                                 | 38 |
| Abbildung 10: Angenommen Dunkelziffern (Prozent der polizeilich nicht erfassten Fälle) in<br>Abhängigkeit des Verletzungsschweregrades AIS.....                                         | 41 |
| Abbildung 11: Verteilung der Getötetenzahlen über die MAIS-Schweregruppen.....                                                                                                          | 45 |
| Abbildung 12: Verteilung der Getötetenzahlen über die MAIS-Schweregruppen mit Ausgleichskurve.<br>.....                                                                                 | 45 |
| Abbildung 13: Letalität in Abhängigkeit der MAIS-Schwere. Die Interklassenwerte ergeben sich aus<br>einer Interpolation.....                                                            | 46 |
| Abbildung 14: Relativer Anteil (in %) der Getöteten in Abhängigkeit der Verletzungsschwere.<br>Vergleich Pkw-Fahrer mit Fahrradfahrer. ....                                             | 48 |
| Abbildung 15: Grafische Übersicht der Länder mit gesetzlicher Helmpflicht.....                                                                                                          | 58 |
| Abbildung 16: Verlauf der Helmtragequote in Neuseeland von 1990-1996 nach (Robinson D. , 2001).<br>.....                                                                                | 60 |
| Abbildung 17: Verlauf der Helmtragequote in Neuseeland von 1995-2012 .....                                                                                                              | 60 |
| Abbildung 18: Entwicklung der Helmtragequote vor und nach Gesetzeseinführung 1990<br>(unterstrichen) in Victoria (ländlich).. ....                                                      | 62 |
| Abbildung 19: Entwicklung der Helmtragequote in Victoria. ....                                                                                                                          | 62 |
| Abbildung 20: Helmtragequote für Adelaide, South Australia, vor und nach Einführung der<br>Helmpflicht im Juli 1991, ermittelt durch Beobachtungen.....                                 | 63 |
| Abbildung 21: Entwicklung der Helmtragequote in Halifax, Kanada. Einführung des Gesetzes im Jahr<br>1997.....                                                                           | 65 |
| Abbildung 22: Entwicklung der Helmtragequote in British Columbia, Kanada. Einführung des<br>Gesetzes im Jahr 1996.....                                                                  | 65 |
| Abbildung 23: Entwicklung der Helmtragequote in im Stadtteil East York von Toronto, Ontario vor<br>und nach Einführung der Helmpflicht für Personen unter 18 Jahren im Jahre 1995. .... | 66 |
| Abbildung 24: Entwicklung der Helmtragequote in Finnland.....                                                                                                                           | 73 |
| Abbildung 25: Entwicklung der Helmtragequote in Helsinki.. ....                                                                                                                         | 74 |
| Abbildung 26: Entwicklung der Helmtragequote in Schweden .....                                                                                                                          | 75 |
| Abbildung 27: Entwicklung der Helmtragequote in Schweden nach verschiedenen Altersklassen und<br>Fahrwegen.....                                                                         | 75 |
| Abbildung 28: Abschreckende Kampagne "No Excuse - Wear a Helmet" in Boston 2012. ....                                                                                                   | 90 |
| Abbildung 29: Stark abschreckende Plakatbotschaften der Asia Injury Prevention Foundation. ....                                                                                         | 90 |
| Abbildung 30: Schweizer Kampagne "Love Velo - Immer mit Helm" zum richtigen Helmtragen aus<br>dem Jahr 2013.....                                                                        | 91 |

|                                                                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 31: Schweizer Kampagnen aus dem Jahr 2004, 2005 und 2007 .....                                                                                                                             | 91  |
| Abbildung 32: Helmtragequote in zeitlicher Veränderung und Gegenüberstellung der Gruppen, die<br>entweder einen Helm kostenfrei erhalten haben oder nicht (.....)                                    | 94  |
| Abbildung 33: Nutzung des Fahrrads für die verschiedenen Nutzungszwecke.....                                                                                                                         | 98  |
| Abbildung 34: Dauer der Nutzung des Fahrrads für den Weg zur Arbeit, Schule oder<br>Ausbildungsstätte pro Woche (N=202).....                                                                         | 99  |
| Abbildung 35: Häufigkeit der Nutzung kurzer (N=253), mittlerer (N=216) und langer (N=98) Fahrten<br>zum Einkaufen, für Erledigungen oder für Besuche bei Freunden oder Verwandten pro<br>Woche. .... | 100 |
| Abbildung 36: Monatliche Dauer der Nutzung des Fahrrads für Ausflugs- oder Freizeitfahrten<br>(N=369).....                                                                                           | 100 |
| Abbildung 37: Monatliche Dauer der Nutzung des Fahrrads für sportliche Aktivitäten wie<br>Rennradfahren oder Mountainbiken (N=142). ....                                                             | 101 |
| Abbildung 38: Häufigkeit und Dauer der Nutzung des Fahrrads im Urlaub innerhalb Deutschlands pro<br>Jahr (N=131). ....                                                                               | 101 |
| Abbildung 39: Häufigkeit des Umfelds, in dem die Befragten die meisten Fahrten mit dem Fahrrad<br>zurücklegen (N=500). ....                                                                          | 102 |
| Abbildung 40: Einschätzung der eigenen Geschwindigkeit beim Radfahren (N=500). ....                                                                                                                  | 103 |
| Abbildung 41: „Wie häufig erleben Sie Situationen beim Radfahren, die Sie als gefährliche<br>empfinden?“ (N=500). ....                                                                               | 103 |
| Abbildung 42: Häufigkeit des Erlebens gefährlicher Situationen, untergliedert nach dem Umfeld, in<br>welchem die meisten Fahrten mit dem Fahrrad zurückgelegt werden (N=489).....                    | 104 |
| Abbildung 43: Geschwindigkeit des Radfahrens in Abhängigkeit von der Fahrdauer, unterteilt in<br>Wenigfahrer und Vielfahrer. ....                                                                    | 104 |
| Abbildung 44: Häufigkeit des Erlebens gefährlicher Situationen in Abhängigkeit von der Fahrdauer,<br>unterteilt in Wenigfahrer und Vielfahrer. ....                                                  | 105 |
| Abbildung 45: "Besitzen Sie einen Fahrradhelm?" (N=500). ....                                                                                                                                        | 105 |
| Abbildung 46: „Wie oft tragen Sie beim Radfahren einen Helm?“ (N=500).....                                                                                                                           | 105 |
| Abbildung 47: Häufigkeit der Helmnutzung, untergliedert nach Geschlecht (N=500).....                                                                                                                 | 105 |
| Abbildung 48: Häufigkeit der Helmnutzung, untergliedert nach Altersgruppen (Jugendliche = 14-17<br>Jahre, Erwachsene = 18-59 Jahre, Senioren = 60-69 Jahre, N=500). ....                             | 106 |
| Abbildung 49: Häufigkeit der Helmnutzung, untergliedert nach dem Umfeld, in welchem die<br>Probanden die meisten Fahrten mit dem Fahrrad zurücklegen (N=494). ....                                   | 106 |
| Abbildung 50: Häufigkeit der Helmnutzung, untergliedert danach, ob die Befragten eigene Kinder<br>haben oder nicht (N=499). ....                                                                     | 107 |
| Abbildung 51: Gründe für das Fahren ohne Helm (N=257). ....                                                                                                                                          | 107 |
| Abbildung 52: „Glauben Sie, dass Sie persönlich mit einem Fahrradhelm sicherer unterwegs sind<br>bzw. wären als ohne?“ (N=500). ....                                                                 | 108 |
| Abbildung 53: Empfundener Sicherheitsgewinn durch einen Fahrradhelm (nein, etwas sicherer, viel<br>sicherer) in Abhängigkeit von der Helmnutzung (N=500).....                                        | 108 |
| Abbildung 54: Empfundener Sicherheitsgewinn durch einen Fahrradhelm (nein, etwas sicherer, viel<br>sicherer) in Abhängigkeit vom Erleben gefährlicher Situationen (N=495). ....                      | 109 |
| Abbildung 55: Helmnutzung in Abhängigkeit von der Fahrdauer, unterteilt in Wenigfahrer und<br>Vielfahrer (N=421).....                                                                                | 109 |
| Abbildung 56: Helmnutzung nach Dauer des Radfahrens pro Monat (N=421).....                                                                                                                           | 110 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 57: Helmnutzung auf dem Weg zur Arbeit, Schule oder Ausbildungsstätte nach Fahrzeit pro Woche (N=202).....                                                                                                                                                                           | 111 |
| Abbildung 58: Helmnutzung auf Freizeit- und Ausflugsfahrten nach Fahrzeit pro Monat (N=369)...                                                                                                                                                                                                 | 111 |
| Abbildung 59: Helmnutzung beim sportlichen Radfahren nach Fahrzeit pro Monat (N=142).....                                                                                                                                                                                                      | 112 |
| Abbildung 60: Helmnutzung bei Radfahrten im Urlaub innerhalb Deutschlands nach Fahrzeit pro Jahr (N=131).....                                                                                                                                                                                  | 112 |
| Abbildung 61: Häufigkeit der Nutzung des Helms für unterschiedliche Fahrzwecke von Personen, die <b>manchmal</b> einen Helm tragen (N=71). ....                                                                                                                                                | 113 |
| Abbildung 62: Häufigkeit der Nutzung des Helms bei Ausflugs- und Freizeitfahrten von Personen, die <b>manchmal</b> einen Helm tragen, nach Fahrzeit pro Monat (N=60).....                                                                                                                      | 114 |
| Abbildung 63: Auf die Kilometerleistung bezogene Helmtragequote nach Fahrtzweck.....                                                                                                                                                                                                           | 114 |
| Abbildung 64: Abhängigkeit der Helmtragequote von der berichteten monatlichen Fahrleistung (N=472).....                                                                                                                                                                                        | 115 |
| Abbildung 65: Helmnutzung (so gut wie nie, manchmal, so gut wie immer) in Abhängigkeit vom Erleben gefährlicher Situationen (N=495). ....                                                                                                                                                      | 115 |
| Abbildung 66: Helmnutzung (so gut wie nie, manchmal, so gut wie immer) in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Radfahrens (N=498). ....                                                                                                                                                    | 116 |
| Abbildung 67: Intendierte/berichtete Veränderung der Helmnutzung („genauso häufig wie jetzt“, „häufiger als jetzt“, „fast immer“) bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen (N=337). ....                                              | 117 |
| Abbildung 68: Intendierte Veränderungen der Radnutzung bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen (N=349). ....                                                                                                                         | 117 |
| Abbildung 69: Intendierte/berichtete Veränderung der Helmnutzung bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen, untergliedert nach Geschlecht (N=337). ....                                                                                | 118 |
| Abbildung 70: Intendierte/berichtete Veränderung der Helmnutzung bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen, untergliedert nach Altersgruppen (Jugendliche = 14-17 Jahre, Erwachsene= 18-59 Jahre, Senioren = 60-69 Jahre, N=337). .... | 118 |
| Abbildung 71: Intendierte Veränderungen der Radnutzung bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen, untergliedert nach Geschlecht (N=349). ....                                                                                          | 118 |
| Abbildung 72: Intendierte Veränderungen der Radnutzung bei Einführung einer Helmpflicht von Personen, die manchmal oder so gut wie nie einen Helm tragen, untergliedert nach Altersgruppen (Jugendliche = 14-17 Jahre, Erwachsene= 18-59 Jahre, Senioren = 60-69, N=349). ....                 | 119 |
| Abbildung 73: Veränderung der Radnutzung für die verschiedenen Fahrzwecke bei Einführung einer Helmpflicht (N=500). ....                                                                                                                                                                       | 119 |
| Abbildung 74: Ersetzung des Fahrrads durch andere Verkehrsmittel bei Einführung einer Helmpflicht (N=85).....                                                                                                                                                                                  | 120 |
| Abbildung 75: Gemittelte Tagesfahrleistungen und Ausgleichskurve der Fahrradfahrdaten von MiD2008 (2010). ....                                                                                                                                                                                 | 121 |
| Abbildung 76: Prozentuale Verteilung der gefahrenen Kilometer aktuell (links) und hypothetisch nach Helmpflicht (rechts) pro Monat Mai. ....                                                                                                                                                   | 125 |
| Abbildung 77: Prozentualer Anteil der mit und ohne Helm gefahrenen Kilometer aktuell (links) und potenziell nach einer Helmpflicht (rechts).....                                                                                                                                               | 126 |

|                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 78: Relatives Risiko der Sterblichkeit in Abhängigkeit der wöchentlichen Dosis körperlicher Aktivität nach Woodcock et al. (2011), abgeleitet aus 22 Studien. ....                                                                    | 133 |
| Abbildung 79: Relatives Risiko der Sterblichkeit in Abhängigkeit der wöchentlichen Dosis des Radfahrens nach Kelly et al., 2014 abgeleitet aus 7 Studien mit zusammen 20 Einzelergebnissen.....                                                 | 139 |
| Abbildung 80: Unterschiede in dem Radfahrverhalten vor und nach der Einführung der Radhelmpflicht.....                                                                                                                                          | 148 |
| Abbildung 81: Veränderung des Verkehrsverhaltens von Jugendlichen für den Schulweg . ....                                                                                                                                                       | 150 |
| Abbildung 82: Prozentualer Anteil von radfahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern im ACT.. ....                                                                                                                                         | 152 |
| Abbildung 83: Prozentualer Anteil von radfahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in NSW.....                                                                                                                                           | 152 |
| Abbildung 84: Prozentualer Anteil von radfahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern im NT. ....                                                                                                                                           | 153 |
| Abbildung 85: Prozentualer Anteil von radfahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in QDL. ....                                                                                                                                          | 153 |
| Abbildung 86: Prozentualer Anteil von radfahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in TAS. ....                                                                                                                                          | 154 |
| Abbildung 87: Prozentualer Anteil von radfahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in SA. ....                                                                                                                                           | 154 |
| Abbildung 88: Prozentualer Anteil von radfahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in VIC.. ....                                                                                                                                         | 155 |
| Abbildung 89: Prozentualer Anteil von radfahrenden Berufspendlern an allen Berufspendlern in WA.. ....                                                                                                                                          | 155 |
| Abbildung 90: Anzahl beobachteter Radfahrer in Melbourne vor und nach Einführung der Helmpflicht am 1. Juli 1990 in Victoria, Australien. ....                                                                                                  | 156 |
| Abbildung 91: Mittlere Anzahl der Radfahrer pro Tag pro 1000 Personen über zwei Brücken in Perth ....                                                                                                                                           | 157 |
| Abbildung 92: Veränderung der Prävalenz der freizeitlichen Radfahrer in Alberta und Prince Edward Island von 2001 bis 2007, separiert nach Jugendlichen (< 18 Jahre) und Erwachsenen (nach Dennis et al., 2010). ....                           | 159 |
| Abbildung 93: Veränderungen der mittleren Anzahl an Freizeitfahrten in einem 3-Monats-Zeitraum in Alberta und Prince Edward Island von 2001 bis 2007, separiert nach Jugendlichen (< 18 Jahre) und Erwachsenen (nach Dennis et al., 2010). .... | 159 |
| Abbildung 94: Entwicklung der Radnutzung in Finnland. Einführung der Helmpflicht im Jahr 2003. ....                                                                                                                                             | 160 |
| Abbildung 95: Entwicklung der Radnutzung in Helsinki. ....                                                                                                                                                                                      | 161 |
| Abbildung 96: Entwicklung der Radnutzung in Großbritannien. ....                                                                                                                                                                                | 166 |
| Abbildung 97: Entwicklung der Radnutzung in den Niederlanden.....                                                                                                                                                                               | 166 |
| Abbildung 98: Entwicklung der Radnutzung in Dänemark. ....                                                                                                                                                                                      | 167 |
| Abbildung 99: Entwicklung der Radnutzung in Deutschland.....                                                                                                                                                                                    | 168 |
| Abbildung 100: Entwicklung des Bestandes an Mofas in der Schweiz .....                                                                                                                                                                          | 170 |
| Abbildung 101: Entwicklung des Bestandes an Mofas in Deutschland .....                                                                                                                                                                          | 171 |
| Abbildung 102: Relatives Risiko der Sterblichkeit eines Fahrradfahrenden in Abhängigkeit der wöchentlichen Fahrradfahrdosis, abgeleitet aus 20 Teilergebnissen aus 7 weltweiten Studien. ....                                                   | 174 |

|                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 103: Relatives Risiko der Sterblichkeit in Abhängigkeit der wöchentlichen Fahrradfahrdosis mit Exponentialfit.....                                                     | 175 |
| Abbildung 104: Gegenüberstellung der Getötetenraten und der zurückgelegten Fahrradkilometer je Einwohner in Europa.....                                                          | 184 |
| Abbildung 105: Gegenüberstellung der Verunglücktenrate und Radverkehrsanteile in Wien, 2002 – 2009.....                                                                          | 185 |
| Abbildung 106: Veränderung der Radfahrleistung in Neuseeland.....                                                                                                                | 186 |
| Abbildung 107: Entwicklung des Sicherheitsniveaus (rote und blaue Linie) sowie der Radnutzung (graue Balken) von Radfahrern in Neuseeland.....                                   | 187 |
| Abbildung 108: Entwicklung des Sicherheitsniveaus sowie der Radnutzung von Radfahrern in Großbritannien.....                                                                     | 187 |
| Abbildung 109: Entwicklung des Sicherheitsniveaus (rote und blaue Linie) sowie der Radnutzung (graue Balken) von Radfahrern in den Niederlanden.....                             | 188 |
| Abbildung 110: Entwicklung des Sicherheitsniveaus (blaue Linie) sowie der Radnutzung (graue Balken) von Radfahrern in Dänemark.....                                              | 189 |
| Abbildung 111: ARAS zum Warten der Radfahrer während einer Rotphase in Portland, Oregon.....                                                                                     | 219 |
| Abbildung 112: Prinzip einer Prüfapparatur nach DIN EN 1078.....                                                                                                                 | 237 |
| Abbildung 113: Von Willinger et al. (2015) vorgeschlagene tangentielle Aufpralltests zur Ergänzung der EN 1078.....                                                              | 241 |
| Abbildung 114: Weltweites Vorkommen von Bikesharing Systemen im Jahr 2012.....                                                                                                   | 246 |
| Abbildung 115: HelmetHub: Automat zum Leihen von Helmen.....                                                                                                                     | 247 |
| Abbildung 116: Optisch veränderte Fahrradhelme.....                                                                                                                              | 248 |
| Abbildung 117: Hövding 2.0. Dieser Airbag-Helm wird wie in Schal getragen (links) und bläst sich bei einem Unfall auf (rechts).....                                              | 249 |
| Abbildung 118: Der Fahrradhelm Morpher ist zusammenklappbar.....                                                                                                                 | 250 |
| Abbildung 119: Berechnete Funktion der Helmwirkung bei Kopfverletzungen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere.....                                                              | 286 |
| Abbildung 120: Logarithmus der Odds Ratios.....                                                                                                                                  | 343 |
| Abbildung 121: Klassierte wöchentliche Fahrzeiten (unnormiert) deutscher Fahrradfahrer zwischen 20 und 64 und loglogistischer Fit.....                                           | 351 |
| Abbildung 122: Anzahl der Fahrradfahrer im Alter zwischen 20 und 64 in Deutschland in den Fahrleistungsklassen (N=100 Klassen).....                                              | 352 |
| Abbildung 123: Relatives Risiko der Sterblichkeit in Abhängigkeit der wöchentlichen Dosis der Zufußgheleistung, abgeleitet aus Kelly et al., 2014 und Woodcock et al., 2011..... | 355 |

## 10 Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Thompson, Rivara & Thompson (1999).....                                                                                                                                                                                                                                    | 14 |
| Tabelle 2: Attewell, Glase & McFadden (2001) .....                                                                                                                                                                                                                                    | 15 |
| Tabelle 3: Elvik (2013) .....                                                                                                                                                                                                                                                         | 16 |
| Tabelle 4: Hynd, Cuerden, Reid & Adam (2009) .....                                                                                                                                                                                                                                    | 16 |
| Tabelle 5: Amoros, Chiron, Martin, Thélot & Laumon (2012) .....                                                                                                                                                                                                                      | 17 |
| Tabelle 6: Bambach, Mitchell, Grzebieta & Olivier (2013).....                                                                                                                                                                                                                         | 18 |
| Tabelle 7: Persaud, Coleman, Zwolakowski, Lauwers & Cass (2012).....                                                                                                                                                                                                                  | 18 |
| Tabelle 8: Sethi et al. (2015) .....                                                                                                                                                                                                                                                  | 19 |
| Tabelle 9: Odds-Ratios der Schutzwirkung von Helmen. Ergebnisse der Metaanalysen und der Studien ab 2009 .....                                                                                                                                                                        | 21 |
| Tabelle 10: Odds Ratios, differenziert nach Verletzungsklasse .....                                                                                                                                                                                                                   | 31 |
| Tabelle 11: Vergleich veröffentlichte Odds Ratios (differenziert nach Verletzungsklasse) mit eigenem exponentiellem Ansatz .....                                                                                                                                                     | 34 |
| Tabelle 12: Berechnete Werte für <i>ORAISi</i> .....                                                                                                                                                                                                                                 | 35 |
| Tabelle 13: Berechnete Werte für <i>qkAIS</i> , <i>qkmH</i> = 49 % und <i>qkmH</i> = 17 %.....                                                                                                                                                                                       | 37 |
| Tabelle 14: Anteile des AIS-Grades an verletzten Fahrradfahrern (Daten aus Otte et al., 2013). .....                                                                                                                                                                                  | 39 |
| Tabelle 15: Anzahl der Verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland (2014) nach Schweregrad. ....                                                                                                                                                                                      | 39 |
| Tabelle 16: Dunkelziffern .....                                                                                                                                                                                                                                                       | 41 |
| Tabelle 17: Anzahl der um die Dunkelziffer korrigierten verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland. ....                                                                                                                                                                             | 41 |
| Tabelle 18: Anzahl der verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland (2014) klassifiziert nach Leichtverletzten (LV), Schwerverletzten (SV) und Toten (T).....                                                                                                                          | 42 |
| Tabelle 19: Anzahl der verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland (2014) klassifiziert nach Leichtverletzten (LV), Schwerverletzten (SV), Schwerstverletzten (SSV) und Toten (T).....                                                                                                | 42 |
| Tabelle 20: Anzahl der verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland (2014) differenziert nach Alter und klassifiziert nach Leichtverletzten (LV), Schwerverletzten (SV), Schwerstverletzten (SSV) und Toten (T) mit Berücksichtigung der Dunkelziffer (für <i>qkmH</i> = 17 %). .... | 43 |
| Tabelle 21: Anteil der VSL-  quivalente der Altersklassen an der Gesamtmenge (für <i>qkmH</i> = 17 %). ....                                                                                                                                                                          | 43 |
| Tabelle 22: GIDAS-Fallzahlen als Basis der MAIS-Berechnung (aus O'Brien, 2010).....                                                                                                                                                                                                   | 44 |
| Tabelle 23: Gefilterter Anteil der Toten an der Gesamttotenzahl, der aus einer MAIS-Klasse kommt. ....                                                                                                                                                                                | 45 |
| Tabelle 24: Letalitätsraten. ....                                                                                                                                                                                                                                                    | 46 |
| Tabelle 25: Anteile an allen Getöteten. ....                                                                                                                                                                                                                                         | 48 |
| Tabelle 26: Anzahl getöteter Fahrradfahrer (mit Beifahrer) 2014 in Deutschland in Abhängigkeit der Verletzungsschwere.....                                                                                                                                                          | 49 |
| Tabelle 27: Anteile an Leicht- oder Schwerverletzten der vermiedenen Toten bei Abzug der Klasse AIS6. ....                                                                                                                                                                            | 51 |
| Tabelle 28: Veränderung nach Verletzungsschweren. ....                                                                                                                                                                                                                               | 51 |
| Tabelle 29: Übersicht über Länder mit gesetzlicher Helmpflicht. ....                                                                                                                                                                                                               | 56 |
| Tabelle 30: Übersicht der Studien zur Evaluation des Einflusses einer Helmpflicht auf die Entwicklung der Helmtragequote in Kanada.....                                                                                                                                              | 67 |
| Tabelle 31: Übersicht der Studien zur Evaluation des Einflusses einer Helmpflicht auf die Entwicklung der Helmtragequote in den USA.....                                                                                                                                             | 71 |

|                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 32: Zusammenfassung der Entwicklung der Helmtragequote in Ländern mit Helmpflicht.....                                                                                         | 76  |
| Tabelle 33: Durchsetzungsmaßnahme der Helmpflicht in den einzelnen Ländern.....                                                                                                        | 80  |
| Tabelle 34: Übersicht über die Themen der Telefonbefragung.....                                                                                                                        | 96  |
| Tabelle 35: Berechnete vor (aktuell) und nach Einführung einer Helmpflicht von allen Probanden gefahrene Kilometer pro Monat, abgeleitet aus den Angaben. ....                         | 123 |
| Tabelle 36: Anteil der Fahrradfahrer, die nicht immer einen Helm tragen, die zusätzlich Sport treiben. ....                                                                            | 123 |
| Tabelle 37: Anteil der Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht weniger Fahrrad fahren, dies aber nach ihren Angaben mit zusätzlichem Sport ausgleichen.....               | 124 |
| Tabelle 38: Rückgang der Anzahl der Fahrradfahrer nach Einführung einer Helmpflicht. ....                                                                                              | 124 |
| Tabelle 39: Abhängigkeit der auf den Kilometer bezogenen Helmtragequote von der monatlichen Fahrleistung (vor und nach Helmpflicht). ....                                              | 126 |
| Tabelle 40: Mit Rückgang der Radnutzung nach Helmpflicht hypothetisch einhergehende Ersetzung von Radfahrten durch andere Verkehrsmittel.....                                          | 127 |
| Tabelle 41: Veränderung der Fahrradnutzung nach Einführung einer Helmpflicht, altersdifferenziert. ....                                                                                | 128 |
| Tabelle 42: Übersicht der Befunde zu Auswirkungen von Radfahren auf die Gesundheit (alphabetische Reihenfolge). ....                                                                   | 140 |
| Tabelle 43: Übersicht der Studien (alphabetische Reihenfolge), die die Auswirkungen von Radfahren auf die Gesamtmortalität untersuchen. ....                                           | 141 |
| Tabelle 44: Übersicht der Studien (alphabetische Reihenfolge), die die Auswirkungen von Radfahren auf die Inzidenz von oder den Tod durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen untersuchen..... | 142 |
| Tabelle 45: Übersicht der Studien (alphabetische Reihenfolge), die die Auswirkungen von Radfahren auf die Inzidenz von oder den Tod durch Krebserkrankungen untersuchen.....           | 144 |
| Tabelle 46: Daten für die Radnutzung der neuseeländischen Bevölkerung vor und nach Einführung der Helmpflicht im Jahr 1994 mit unterschiedlicher Quantifizierung. ....                 | 147 |
| Tabelle 47: Radnutzung der neuseeländischen Bevölkerung in gefahrenen Kilometern pro Person pro Woche nach Altersgruppe. ....                                                          | 149 |
| Tabelle 48: Prozentualer Anteil an Personen, die in Australien mit dem Rad zur Arbeit fahren. ....                                                                                     | 151 |
| Tabelle 49: Übersicht über die Auswirkungen der Einführung einer Helmpflicht auf die Radnutzung in Ländern mit verfügbaren Daten. ....                                                 | 162 |
| Tabelle 50: Veränderung der Radnutzung in Deutschland, dargestellt anhand verschiedener Nutzungsmaße. ....                                                                             | 168 |
| Tabelle 51: Zusammenfassung der Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens in Deutschland.....                                                                                              | 176 |
| Tabelle 52: Zusammenfassung der Gesundheitswirkung des Rückgangs der Fahrradfahrleistung, induziert durch eine obligatorische Helmpflicht .....                                        | 178 |
| Tabelle 53: Zusammenfassung der Gesundheitswirkung des Rückgangs der Fahrradfahrleistung, induziert durch eine obligatorische Helmpflicht .....                                        | 179 |
| Tabelle 54: Jährliche vermiedene Verletzte und Tote durch Übergang auf ein anderes Verkehrsmittel Annahme eines konstanten Wegebudgets.....                                            | 182 |
| Tabelle 55: Jährliche vermiedene Verletzte und Tote durch Übergang auf ein anderes Verkehrsmittel bei, differenziert nach Alter. ....                                                  | 183 |
| Tabelle 56: Jährliche vermiedene Verletzte und Tote durch Übergang auf ein anderes Verkehrsmittel Annahme eines konstanten Zeitbudgets. ....                                           | 183 |
| Tabelle 57: Werte des Lebens in Deutschland.....                                                                                                                                       | 192 |
| Tabelle 58: Werte der Verletzten (deutsche Berechnung, VSL1) .....                                                                                                                     | 194 |

|                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 59: Werte der Verletzten (internationale Berechnung, VSL2) .....                                                                                                                                                                                | 194 |
| Tabelle 60: Summarischer Nutzen des Fahrradhelmes beim Übergang von $q_{H0}$ auf $q_{H1}$ . Anzahl vermiedener Verletzter oder Toter. ....                                                                                                              | 196 |
| Tabelle 61: Prozentuale Veränderung Verletzter oder Toter beim Übergang von $q_{H0}$ auf $q_{H1}$ .....                                                                                                                                                 | 196 |
| Tabelle 62: Monetärer Nutzen der Erhöhung der Helmtragequote.....                                                                                                                                                                                       | 196 |
| Tabelle 63: Anteile des monetären Nutzens der Erhöhung der Helmtragequote differenziert nach Verletzungsschwere.....                                                                                                                                    | 198 |
| Tabelle 64: Monetärer Nutzen der Erhöhung der Helmtragequote bei Veränderung der durchschnittlichen Helmtragequote von $q_{H0}=49\%$ auf $q_{H1}=82,5\%$ , altersdifferenziert .....                                                                    | 198 |
| Tabelle 65: Altersdifferenzierte Kosten für den Kauf eines Helmes nach Einführung einer Helmpflicht. ....                                                                                                                                               | 199 |
| Tabelle 66: Summarische Kosten der Einführung einer obligatorischen Helmpflicht durch reduzierte Gesundheitswirkung auf Grund der Reduzierung der Fahrleistung um 6,7 % .....                                                                           | 200 |
| Tabelle 67: Jährliche Kosteneinsparung durch vermiedene Verletzte und Tote durch Übergang auf ein anderes Verkehrsmittel bei Helmtragequoten $q_{H0}=49\%$ und Annahme eines konstanten Wegelängenbudgets. ....                                         | 201 |
| Tabelle 68: Umweltkosten durch Übergang von Fahrrad auf Auto oder ÖV.....                                                                                                                                                                               | 202 |
| Tabelle 69: Altersdifferenzierte Umweltkosten durch Übergang von Fahrrad auf Auto oder ÖV. ....                                                                                                                                                         | 202 |
| Tabelle 70: Kosten und Nutzen der Einführung einer Helmpflicht bei vier Kombinationen der derzeitigen Helmtragequote und der Berechnungsmethode (national, international). ....                                                                         | 204 |
| Tabelle 71: BCR altersdifferenziert. ....                                                                                                                                                                                                               | 204 |
| Tabelle 72: BCR mit der Variation des angenommenen Rückgang der Fahrradleistung für alle Altersgruppen. ....                                                                                                                                            | 205 |
| Tabelle 73: Kosten und Nutzen der Einführung einer Helmpflicht bei vier Kombinationen der derzeitigen Helmtragequote und der Berechnungsmethode (national, international) mit Vernachlässigung von Dunkelziffern.....                                   | 206 |
| Tabelle 74: BCR bei vier Kombinationen der derzeitigen Helmtragequote und der Berechnungsmethode (national, international) bei verschiedenen Kombinationen des Dunkelzifferansatzes (0 bis 1) und der Annahme eines Rückgangs des Fahrradverkehrs ..... | 206 |
| Tabelle 75: Auswirkung einer Helmpflicht auf Lebensäquivalente. ....                                                                                                                                                                                    | 207 |
| Tabelle 76: Vom ADFC vorgeschlagene Maßnahmen zur Verringerung von Radfahrunfällen.....                                                                                                                                                                 | 217 |
| Tabelle 77: Kosten und Nutzen von Infrastrukturmaßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit .....                                                                                                                                                      | 220 |
| Tabelle 78: Kosten und Nutzen von rechtlichen und Enforcement-Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit (Auswahl). ....                                                                                                                             | 224 |
| Tabelle 79: Rahmenbedingungen der Länder mit Evaluationsstudien von Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit.....                                                                                                                                  | 227 |
| Tabelle 80: Erfolg versprechende Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit von Radfahrern in Deutschland (Auswahl). ....                                                                                                                            | 228 |
| Tabelle 81: Übersicht über Unfallzahlen verschiedener Mobilitätsformen für Deutschland.....                                                                                                                                                             | 234 |
| Tabelle 82: Übersicht über Unfallzahlen verschiedener Mobilitätsformen für Österreich. ....                                                                                                                                                             | 235 |
| Tabelle 83: Übersicht über Unfallzahlen verschiedener Mobilitätsformen für die Schweiz. ....                                                                                                                                                            | 236 |
| Tabelle 84: Übersicht über die Anforderungen verschiedener Helmstandards. ....                                                                                                                                                                          | 239 |
| Tabelle 85: Enforcement der Helmpflicht in den einzelnen Ländern. ....                                                                                                                                                                                  | 241 |
| Tabelle 86: Ahndung von Vergehen beim Radfahren. ....                                                                                                                                                                                                   | 244 |
| Tabelle 87: Übersicht über die ORs aus den Metaanalysen und Studien nach 2009 .....                                                                                                                                                                     | 331 |



|                                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 88: Parameter für die Berechnung des Nutzens einer erhöhten Helmtragequote durch verringerte Verletzten- und Totenzahlen .....                                                                                                            | 357 |
| Tabelle 89: Parameter für die Berechnung der Kosten wegen reduzierter Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens in Deutschland auf Grund einer Reduzierung des Fahrradfahrens wegen der Einführung einer obligatorischen Helmpflicht.....             | 361 |
| Tabelle 90: Parameter für die Berechnung des Nutzens, der sich aus der Reduzierung des Fahrradfahrens wegen der Einführung einer obligatorischen Helmpflicht mit Übergang zu einem sicheren Verkehrsmittel ergibt. ....                           | 366 |
| Tabelle 91: Parameter für die Berechnung der Umweltkosten, die sich aus der Reduzierung des Fahrradfahrens wegen der Einführung einer obligatorischen Helmpflicht mit Übergang zu einem Verkehrsmittel mit schlechterer Umweltbilanz ergibt. .... | 369 |
| Tabelle 92: Parameter für die Berechnung der Kosten zum Kauf des Fahrradhelmes.....                                                                                                                                                               | 371 |

## 11 Verzeichnis der Exkurse

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| Exkurs Odds Ratio .....                        | 12  |
| Exkurs AIS-Skala .....                         | 15  |
| Exkurs Hazard Ratio und relatives Risiko ..... | 135 |
| Exkurs DALY .....                              | 136 |

## 12 Anhänge

### 12.1 Anhang 1: Übersicht über die Odds-Ratios aus den Metaanalysen und Studien nach 2009

Tabelle 87: Übersicht über die ORs aus den Metaanalysen und Studien nach 2009 (HWS=Halswirbelsäule)

| Autor (Jahr)            | Datenjahre  | Datenbasis  | Land       | Studiendesign  | Alter der Stichprobe | N      | Odds-Ratios |        |         |     |     |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|----------------|----------------------|--------|-------------|--------|---------|-----|-----|
|                         |             |             |            |                |                      |        | Kopf        | Gehirn | Gesicht | HWS | Tod |
| Thompson et al. (1999)  | 1980 - 1995 |             |            | Metaanalyse    |                      | 11.172 | ,31         | ,31    | -       | -   | -   |
| Thompson et al. (1989)  | 1986-1987   | Krankenhaus | USA        | Fall-Kontrolle | alle                 | 668    | ,26         | ,19    | -       | -   | -   |
| Thompson et al. (1990)  | 1986-1987   | Krankenhaus | USA        | Fall-Kontrolle | alle                 | 531    | -           | -      | ,81b    | -   | -   |
| McDermott et al. (1993) | 1987-1989   | Krankenhaus | Australien | Fall-Kontrolle | alle                 | 1.710  | ,61         | -      | ,64     | -   | -   |
| Maimaris et al. (1994)  | 1992        | Krankenhaus | GB         | Fall-Kontrolle | alle                 | 1.040  | ,3          | -      | -       | -   | -   |
| Thomas et al. (1994)    | 1991-1992   | Krankenhaus | Australien | Fall-Kontrolle | < 15                 | 445    | ,37         | ,41    | -       | -   | -   |
| Thompson et al.         | 1992-1994   | Krankenhaus | USA        | Fall-Kontrolle | alle                 | 3.390  | ,31         | ,35/,2 | -       | -   | -   |

| Autor (Jahr)                                                 | Datenjahre  | Datenbasis      | Land       | Studiendesign  | Alter der Stichprobe | N      | Odds-Ratios |        |         |       |     |
|--------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|------------|----------------|----------------------|--------|-------------|--------|---------|-------|-----|
|                                                              |             |                 |            |                |                      |        | Kopf        | Gehirn | Gesicht | HWS   | Tod |
| (1996)                                                       |             |                 |            |                |                      |        | 6a          |        |         |       |     |
| Thompson et al. (1996a)                                      | 1992-1994   | Krankenhaus     | USA        | Fall-Kontrolle | alle                 | 3.388  | -           | -      | -       | -     | -   |
| Attewell et al. (2001)a                                      | 1980 – 1995 |                 |            | Metaanalyse    |                      | 17.289 | ,40         | ,42    | ,53     | 1,36  | ,27 |
| alle 7 Studien, die auch Thompson (1999) enthält, siehe oben |             |                 |            |                |                      |        |             |        |         |       |     |
| Dorsch et al. (1987)                                         | 1980-1985   | Selbst-berichte | Australien | Fall-Kontrolle | Erwachsene           | 197    | ,24         | ,5     | ,08     | -     | -   |
| Wassermann et al. (1988)                                     | 1984        | Selbst-berichte | USA        | Fall-Kontrolle | alle                 | 21     | ,0          | ,0b    | -       | -     | -   |
| Wassermann & Buccini (1990)                                  | 1980-1985   | Selbst-berichte | USA        | Fall-Kontrolle | Erwachsene           | 191    | ,08         | ,59b   | ,49b    | 1,87b | -   |
| Spaite et al. (1991)                                         | 1986-1989   | Krankenhaus     | USA        | Fall-Kontrolle | alle                 | 284    | ,03         | -      | -       | -     | ,14 |
| Finvers et al. (1996)                                        | 1991-1993   | Krankenhaus     | Kanada     | Fall-Kontrolle | Kinder               | 699    | ,32         | -      | -       | -     | -   |

| <i>Autor (Jahr)</i>                                           | <i>Datenjahre</i> | <i>Datenbasis</i> | <i>Land</i> | <i>Studiendesign</i>        | <i>Alter der Stichprobe</i> | <i>N</i> | <i>Odds-Ratios</i>        |               |                            |                       |            |
|---------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|---------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------|------------|
|                                                               |                   |                   |             |                             |                             |          | <i>Kopf</i>               | <i>Gehirn</i> | <i>Gesicht</i>             | <i>HWS</i>            | <i>Tod</i> |
| Rivara et al. (1997)                                          | 1992-1994         | Krankenhaus       | USA         | Fall-Kontrolle              | alle                        | 3.384    | -                         | -             | -                          | 1,09b                 | ,07        |
| Jacobson et al. (1998)                                        | 1991-1992         | Krankenhaus       | Australien  | Fall-Kontrolle              | alle                        | 229      | ,37                       | -             | -                          | -                     | ,0b        |
| Linn et al. (1998)                                            | 1991-1995         | Krankenhaus       | Kanada      | Fall-Kontrolle              | Kinder                      | 1.462    | ,64                       | ,29           | -                          | -                     | -          |
| Shafi et al. (1998)                                           | 1993-1995         | Krankenhaus       | USA         | Fall-Kontrolle              | Kinder                      | 208      | 1,37b                     | 1,77b         | -                          | -                     | -          |
| Elvik (2013)                                                  | 1980 - 2006       |                   |             |                             |                             | 21.672   | ,51 - ,43<br>(,54 - ,50)c | -             | ,74 - ,71<br>(,79 - ,79b)c | 1,26<br>(1,06 - 1,55) | -          |
| alle 16 Studien, die auch Attewell (2001) enthält, siehe oben |                   |                   |             |                             |                             |          |                           |               |                            |                       |            |
| Hausotter (2000)                                              | n. a.             | Krankenhaus       | n. a.       | n. a.                       | n. a.                       | 3.232    | n. a.                     | n. a.         | n. a.                      | n. a.                 | n. a.      |
| Hansen et al. (2003)                                          | n. a.             | Krankenhaus       | Norwegen    | prospektive Kohorten-studie | alle                        | 991      | ,43 - ,6b                 | 1,2b - 1,98   | 1,2b - 1,98                | -                     | -          |

| <i>Autor (Jahr)</i>    | <i>Datenjahre</i> | <i>Datenbasis</i>      | <i>Land</i> | <i>Studiendesign</i>        | <i>Alter der Stichprobe</i> | <i>N</i> | <i>Odds-Ratios</i>                                   |                                                  |                |            |            |
|------------------------|-------------------|------------------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------|------------|------------|
|                        |                   |                        |             |                             |                             |          | <i>Kopf</i>                                          | <i>Gehirn</i>                                    | <i>Gesicht</i> | <i>HWS</i> | <i>Tod</i> |
| Heng et al. (2006)     | 2004-2005         | Krankenhaus            | Singapur    | prospektive Kohorten-studie | alle                        | 160      | ,14b                                                 | -                                                | -              | -          | -          |
| Amoros et al. (2009)   | 1996-2006         | Unfall-register        | Frankreich  | Fall-Kontrolle              | alle                        | 11.889   | AIS 1+: ,75<br>AIS 3+: ,29                           |                                                  | AIS 1+: ,71    |            |            |
| Amoros et al. (2011)   | 1998 - 2008       | Krankenhaus            | Frankreich  | Fall-Kontrolle              | alle                        | 13.526   | AIS 1+: ,69<br>AIS 3+ Stadt: ,34<br>AIS 3+ Land: ,07 | -                                                | ,72            | 1,18       |            |
| Bambach et al. (2013)d | 2001 - 2009       | Krankenhaus<br>Polizei | Australien  | Fall-Kontrolle              | alle                        | 6.745    | AIS < 2: ,57e<br><br>AIS 3: ,43e<br><br>AIS 4: ,28e  | AIS < 2: ,71<br><br>AIS 3: ,37<br><br>AIS 4: ,30 | -              | -          | -          |

| <i>Autor (Jahr)</i>                | <i>Datenjahre</i> | <i>Datenbasis</i> | <i>Land</i> | <i>Studiendesign</i>        | <i>Alter der Stichprobe</i> | <i>N</i>   | <i>Odds-Ratios</i> |               |                |            |            |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|--------------------|---------------|----------------|------------|------------|
|                                    |                   |                   |             |                             |                             |            | <i>Kopf</i>        | <i>Gehirn</i> | <i>Gesicht</i> | <i>HWS</i> | <i>Tod</i> |
| Persaud et al. (2012) <sup>f</sup> | 2006 - 2010       | Pathologie        | Kanada      | Fall-Kontrolle              | alle                        | 129<br>101 | -                  | -             | -              | -          | ,39<br>,26 |
| Sethi et al. (2015)                | 2012 - 2014       | Krankenhaus       | USA         | Prospektive Kohorten-studie | alle                        | 699        | ,28                | -             | -              | -          | -          |

a alle Hirnverletzungen/ schwere Hirnverletzungen

b nicht signifikant

c in Klammern mit Verrechnung des Publikations-Bias

d Angegeben sind die (konservativeren) Werte, die anhand der Kontrollgruppe 2 errechnet wurden (nach Kollision verletzte Fahrradfahrer mit Krankenhausaufenthalt, aber ohne Kopfverletzung

e Verletzungen an Schädel und Gehirn

f Die Autoren geben mit ihrer OR an, inwiefern durch Nichthelmtragen das Sterberisiko erhöht wird. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die publizierten Daten verwendet, um die OR für die Risikominimierung durch Helmtragen zu berechnen (Störfaktoren nicht einbezogen)

## 12.2 Anhang 2: Fragebogen der eigenen Telefonbefragung

**Bitte beachten:** Anmerkungen für die Interviewer sind *kursiv geschrieben*!

Eingangsfrage: Wie häufig fahren Sie im Zeitraum von April bis Oktober mit dem Fahrrad?

- a. Nie
- b. alle 1-3 Monate
- c. Einmal im Monat
- d. Mehrmals im Monat
- e. Mehrmals pro Woche

|                                              |
|----------------------------------------------|
| <i>Falls Antwort a.: Befragung abbrechen</i> |
|----------------------------------------------|

Eingangsfrage2: Haben Sie Kinder?

- a. Ja
- b. Nein

Wir möchten von Ihnen wissen, wie viele Fahrten Sie mit dem Fahrrad in der letzten Zeit zurückgelegt haben und wie lang diese Fahrten in etwa waren. Bitte denken Sie dabei an einen **bezüglich ihrer Radnutzung typischen Zeitraum**. Wenn Sie es nicht genau wissen, schätzen Sie.

*Die Antworten zu den folgenden Fragen werden in die unten stehende Tabelle eingefügt.*

Frage 1:

- Haben Sie in den letzten Monaten das Fahrrad auf Ihrem Weg zur **Arbeit, Schule oder Ausbildungsstätte** genutzt?
- Wenn ja, wie viele Fahrten haben Sie in **einer Woche** zurückgelegt? Hin- und Rückfahrt zählen dabei als eine Fahrt.
- Wie lange dauerten Hin- und Rückfahrt zusammen?

Frage 2:

- Haben Sie in den letzten Monaten das Fahrrad zum **Einkaufen, für Erledigungen oder für Besuche bei Freunden oder Verwandten** genutzt?
- Wenn ja, wie viele kürzere Fahrten mit einer reinen Fahrzeit von ca. **10 Minuten (1-15 min)** haben Sie in **einer Woche** zurückgelegt? Hin- und Rückfahrt zählen dabei als eine Fahrt.
- Wie viele Fahrten mit einer reinen Fahrzeit von ca. **15-45 Minuten** haben Sie in **einer Woche** zurückgelegt? Hin- und Rückfahrt zählen dabei als eine Fahrt.
- Wie viele Fahrten mit einer reinen Fahrzeit von **mehr als 45 Minuten** haben Sie in **einer Woche** zurückgelegt? Hin- und Rückfahrt zählen dabei als eine Fahrt.

Frage 3:

- Haben Sie in den letzten Monaten das Fahrrad für **Ausflugsfahrten oder Freizeitfahrten** genutzt?
- Wenn ja, wie viele Fahrten haben Sie in **einem typischen Monat** zurückgelegt? Als eine Fahrt zählt dabei von Aufbruch bis Rückkehr.
- Wie lange dauerte/n diese Fahrt/en?

Frage 4:



- Haben Sie in den letzten Monaten das Fahrrad **zum Sport genutzt, zusätzlich zu den bisher genannten Zwecken**, das heißt der Zweck des Fahrradfahrens war ausschließlich die sportliche Betätigung, z.B. Rennradfahren, Mountainbiken?
- Wenn ja, wie viele Fahrten haben Sie in **einem typischen Monat** zurückgelegt? Als eine Fahrt zählt dabei von Aufbruch bis Rückkehr.
- Wie lange dauerte/n diese Fahrt/en?

Frage 5:

- Haben Sie dieses oder letztes **Jahr** das Fahrrad im **Urlaub innerhalb Deutschlands zusätzlich! zu eben genannten sportlichen Aktivitäten** genutzt?
- Wenn ja, wie viele Stunden haben Sie in diesem Urlaub oder diesen Urlauben zusammen mit Fahrradfahren verbracht?

Frage 6: Was glauben Sie, wie andere Ihre Geschwindigkeit beschreiben würden, falls sie Sie beim Radfahren beobachten würden?

- Sehr langsam
- Langsam
- Normal
- Schnell
- Sehr schnell

Frage 7: Besitzen Sie einen Fahrradhelm?

- Ja
- Nein

Frage 8: Tragen Sie beim Radfahren einen Helm?

- So gut wie immer
- Manchmal
- So gut wie nie

*Falls Antwort a.*

Frage 8.1: Bitte nennen Sie mir den Hauptgrund dafür, warum Sie so gut wie immer einen Helm tragen.

*Antwortalternativen nicht vorlesen, sondern nur ankreuzen oder bei i. Sonstiges eintragen*

- Ich fühle mich dadurch sicherer
- Ich möchte meinen Kindern ein Vorbild sein
- Ich halte es für meine moralische Pflicht
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

*Falls Antwort b.*

Wir möchten nun von Ihnen wissen, auf welchen Strecken Sie fast immer, gelegentlich oder nie einen Helm tragen.

*Tabelle wird erneut betrachtet – Spalte „Helmnutzung – aktuell“. Für die Zwecke, für die der/die Befragte eine Radnutzung angegeben hat, wird die Helmnutzung wie folgt abgefragt:*

Frage 8.2:

Sie haben angegeben, dass Sie das Fahrrad für **den Weg zur Arbeit, Schule oder Ausbildung** nutzen. Wie häufig tragen Sie für diesen Zweck schätzungsweise einen Helm – fast nie, selten, 50/50, oft oder fast immer?

Sie haben angegeben, dass Sie das Fahrrad **zum Einkaufen, für Erledigungen oder für Besuche bei Freunden oder Verwandten** nutzen. Wie häufig tragen Sie für diesen Zweck bei Fahrten mit einer Fahrzeit von ca. 10 Minuten/ 15-45 Minuten/ mehr als 45 Minuten (*Fahrzeiten einzeln abfragen*) schätzungsweise einen Helm – fast nie, selten, 50/50, oft oder fast immer?

**Abfragen der weiteren Zwecke nach demselben Schema.**

Falls Antwort c.

**Frage 8.3:** Bitte nennen Sie mir den Hauptgrund dafür, warum Sie **keinen** Helm tragen.

*Antwortalternativen nicht vorlesen, sondern nur ankreuzen oder bei i. Sonstiges eintragen*

- a. Ich brauche keinen Helm
- b. Zerstört meine Frisur
- c. Ist unangenehm
- d. Sieht nicht gut aus
- e. Ist umständlich (Verstauen/Transport)
- f. Ist im Sommer zu warm
- g. Einschränkung der Freiheit
- h. Ich habe noch nie in Erwägung gezogen, einen Helm zu tragen
- i. Sonstiges: \_\_\_\_\_

Stellen Sie sich vor, in Deutschland wird eine Pflicht zum Tragen von Fahrradhelmen eingeführt. Die Pflicht gilt

- Für alle Radfahrer sowie innerorts und außerorts

Ein Verstoß wird ähnlich geahndet wie beispielsweise das Fahren ohne Licht und das Fahren auf der falschen Straßenseite. Das Bußgeld beträgt 20 €.

Das Tragen eines Fahrradhelms kontrolliert die Polizei genauso häufig wie andere Radverkehrsregeln, z.B. das Fahren ohne Licht.

**Frage 9:** Erachten Sie diese Art der Helmpflicht als sinnvoll?

- a. Ja
- b. Nein

**Die folgende Frage wird nur Personen gestellt, die in Frage 8 mit b. (Helm wird manchmal getragen → Tabelle wurde ausgefüllt) oder c. (Helm wird so gut wie nie getragen) geantwortet haben:**

**Frage 10:** Nehmen Sie sich einen Moment Zeit zu überlegen, wie Sie auf diese Pflicht reagieren würden. Würden Sie...

- a. häufiger als jetzt einen Helm tragen
- b. (fast) immer einen Helm tragen
- c. genauso häufig wie jetzt einen Helm tragen?

Falls Antwort a.

*Tabelle wird erneut betrachtet – Spalte „Helmnutzung – nach Helmpflicht“. Für die Zwecke, für die der/die Befragte eine Radnutzung angegeben hat, wird die Helmnutzung nach Helmpflicht wie folgt abgefragt:*

Frage 10.1:

Würden Sie für Fahrten mit dem Fahrrad **zur Arbeit, Schule oder Ausbildung** häufiger als jetzt einen Helmtragen?

Denken Sie nun bitte an die Fahrten **zum Einkaufen, für Erledigungen oder für Besuche bei Freunden oder Verwandten**. Würden Sie bei Fahrten mit einer Fahrzeit von etwa 10 Minuten/ 15-45 Minuten/ mehr als 45 Minuten (*Fahrzeiten einzeln abfragen*) häufiger einen Helm tragen?

***Abfragen der weiteren Zwecke nach demselben Schema***

Frage 11. Würden Sie Im Falle einer Helmpflicht...

- a. (fast) gar nicht mehr Fahrrad fahren
- a. weniger Fahrrad fahren
- b. gar nichts ändern?

Falls Antwort a. oder b.

*Tabelle wird erneut betrachtet – Spalte „Radnutzung – nach Helmpflicht“. Für die Zwecke, für die der/die Befragte eine Radnutzung angegeben hat, wird die Radnutzung nach Helmpflicht wie folgt abgefragt:*

Wir möchten von Ihnen wissen, welche Fahrten Sie im Falle einer Helmpflicht **genauso oft** unternehmen würden, welche **halb so oft** und welche **gar nicht mehr**.

Würden Sie genauso oft, halb so oft oder gar nicht mehr mit dem Fahrrad **zur Arbeit, Schule oder Ausbildung** fahren?

Denken Sie nun bitte an die Fahrten **zum Einkaufen, für Erledigungen oder für Besuche bei Freunden oder Verwandten**. Würden Sie Fahrten mit einer Fahrzeit von etwa 10 Minuten/ 15-45 Minuten / mehr als 45 Minuten (*Fahrzeiten einzeln abfragen*) genauso oft, halb so oft oder gar nicht mehr unternehmen?

***Abfragen der weiteren Zwecke nach demselben Schema***

***Die folgende Frage wird nur Personen gestellt, die in der vorherigen Frage einen Rückgang der Radnutzung (halb so oft oder gar nicht mehr) angegeben haben.***

Frage 12:

*Tabelle wird erneut betrachtet – Spalte „Wechsel Verkehrsmittel“. Für die Zwecke, für die der/die Befragte in Frage 11 angegeben hat, nur noch **halb so oft** oder **gar nicht mehr** Rad zu fahren, werden folgende Fragen gestellt:*

Sie haben für Fahrten **zur Arbeit, Schule oder Ausbildung** angegeben, dass Sie seltener bzw. gar nicht mehr mit dem Fahrrad fahren, wenn die Helmpflicht kommt. Wie würden Sie diese Wege dann zurücklegen?

- a. Mit Öffentlichen Verkehrsmittel
- b. Auto/Motorrad/Moped/Roller
- c. Zu Fuß
- d. die Wege fallen weg

Denken Sie nun bitte an die Fahrten **zum Einkaufen, für Erledigungen oder für Besuche bei Freunden oder Verwandten**. Wie würden Sie Fahrten mit einer Fahrzeit von etwa 10 Minuten/ 15-45 Minuten/ mehr als 45 Minuten (*Fahrzeiten einzeln abfragen*) dann zurücklegen?

*Abfragen der weiteren Zwecke nach demselben Schema*

Frage 13: Sind Sie neben dem Radfahren regelmäßig körperlich aktiv (Spazieren gehen, Gartenarbeit, Sport)?

- a. Ja
- b. Teilweise
- c. Nein

|                                                    |
|----------------------------------------------------|
| Falls in Frage 11 Antwort a. oder b. gewählt wurde |
|----------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><u>Frage 13.1:</u> Sie haben gesagt, dass Sie weniger Radfahren. Glauben Sie, dass Sie das durch andere körperliche Aktivitäten oder Sport ausgleichen würden?</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- |                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>a. Ja</li><li>b. Teilweise</li><li>c. Nein</li></ul> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|

Frage 14: Wie häufig erleben Sie Situationen beim Radfahren, die Sie als gefährliche empfinden? (*Auf eine Nachfrage des Befragten hin, was eine gefährliche Situation sei: Alle Situationen, die der Befragte persönlich als gefährlich empfunden hat*)

- a. Sehr oft
- b. gelegentlich
- c. selten
- d. Fast nie

Frage 15: Glauben Sie, dass Sie persönlich mit einem Fahrradhelm sicherer unterwegs sind bzw. wären als ohne?

- a. Viel sicherer
- b. Etwas sicherer
- c. Nein

Geschlecht:

- a. männlich
- b. weiblich

*Sobald Quotenvorgabe erreicht, an den Anfang stellen:*

Frage 16: Wie alt sind Sie? \_\_\_\_\_ Jahre

Frage 17: Wie würden Sie das Umfeld bezeichnen, in dem Sie die meisten Fahrten mit dem Fahrrad zurücklegen?

- a. Ländlich
- b. kleinstädtisch
- c. Mittelstädtisch
- d. Großstädtisch

***Die folgende Frage wird nur Personen gestellt, die in Frage 8 Antwort c. (ein Helm wird so gut wie nie getragen) gewählt haben:***

In näherer Zukunft wird eine Online-Studie zum Thema Radfahren durchgeführt. Dazu müssen im Abstand von einigen Wochen 2 Fragebögen online ausgefüllt werden. Als Aufwandsentschädigung erhält jeder Teilnehmer 10 € am Ende der Befragung. Hätten Sie eventuell Interesse, an dieser Studie teilzunehmen? Die Teilnahme ist vollständig anonym, es wäre kein Rückschluss auf Ihre Person möglich. *Falls ja, Kontaktdaten erfassen (Email von sich oder jemandem, den sie kennen; ansonsten Telefon)*

| Zweck                                                        | Erfragter Zeitraum | Anzahl der Fahrten/ Urlaube | Länge einer Fahrt | Helmnutzung                 |                       |                       |                        |                       |                       |                       |
|--------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                                              |                    |                             |                   | aktuell                     |                       |                       |                        |                       | nach Helmpflicht      |                       |
|                                                              |                    |                             |                   | Fast nie                    | Selten                | 50/50                 | Oft                    | Fast immer            | häufiger              | nicht häufiger        |
| Arbeit/Schule/Ausbildung                                     | Woche              |                             |                   | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Einkaufen, Erledigungen, Besuche bei Freunden und Verwandten | Woche              |                             | ca. 10 min        | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|                                                              |                    |                             | 15-45 min         | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|                                                              |                    |                             | >45 min           | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ausflugsfahrten oder Freizeitfahrten                         | Monat              |                             |                   | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sport z. B. Rennrad/Mountainbike                             | Monat              |                             |                   | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Urlaub in Deutschland                                        | Jahr               |                             |                   | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Zweck                                                        |                    |                             |                   | Radnutzung nach Helmpflicht |                       |                       | Wechsel Verkehrsmittel |                       |                       |                       |
|                                                              |                    |                             |                   | Genauso oft                 | halb so oft           | gar nicht mehr        | ÖPNV                   | Auto etc.             | Fuß                   | Wegfall               |
| Arbeit/Schule/Ausbildung                                     |                    |                             |                   | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Einkaufen, Erledigungen, Besuche bei Freunden und Verwandten |                    |                             | ca. 10 min        | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|                                                              |                    |                             | 15-45 min         | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|                                                              |                    |                             | >45 min           | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ausflugsfahrten oder Freizeitfahrten                         |                    |                             |                   | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Sport z.B. Rennrad/Motorbike                                 |                    |                             |                   | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Urlaub in Deutschland                                        |                    |                             |                   | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

## 12.3 Anhang 3: Mathematisches Vorgehen bei der Entwicklung eines Schätzers für AIS-bezogene Odds-Ratios

### 12.3.1 Fit der Odds-Ratios

Aus Abbildung 4 (S. 32) lässt sich vermuten, dass der Verlauf der Odds-Ratio-Funktion über Verletzungsschwere einem exponentiellen Gesetz folgt. In Abbildung 6 ist der Logarithmus der Odds Ratios von Abbildung 4 (S. 32) aufgetragen. Die Daten scheinen in der Tat (bis auf Ausreißer) auf einer Geraden zu liegen.

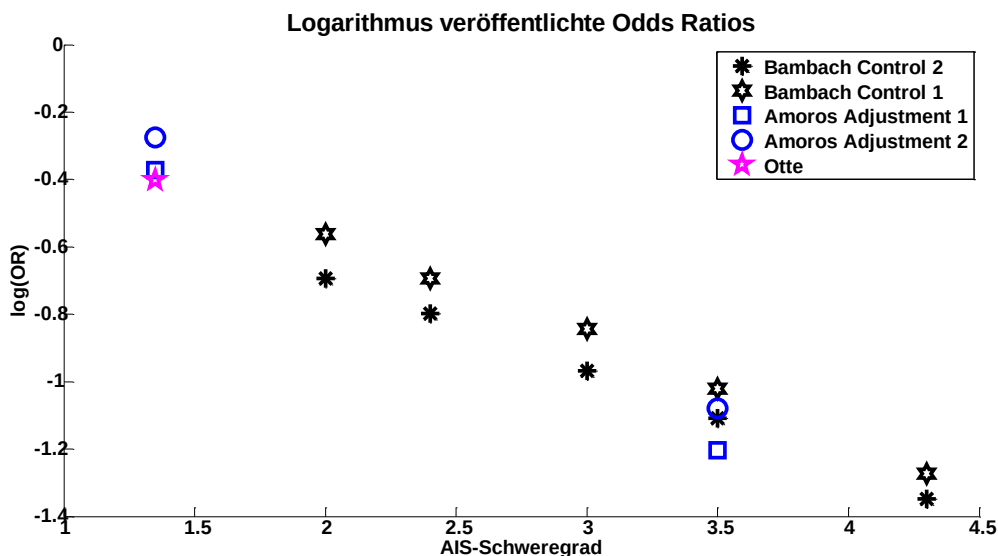


Abbildung 120: Logarithmus der Odds Ratios von Abbildung 4 (S. 32).

Wir nehmen also im Folgenden an, dass:

$$OR(AIS) = a_2 \cdot e^{b_2 \cdot AIS} \quad (44)$$

Wenn aber für  $N_{\bar{H}K}$  eine approximierende Funktion gefunden werden kann, können auch Odds Ratios für Summen errechnet werden. Dann gilt nämlich mit den Abkürzungen  $H_i$  für  $N_{HK}$  bei der Schwereklasse  $AIS^i$  und  $\bar{H}_i$  für  $N_{\bar{H}K}$  bei der Schwereklasse  $AIS^i$  und  $OR_i$  für das OR bei der Schwereklasse  $AIS^i$  mit  $i = 1..6$  direkt aus der Definition des Odds Ratios nach Gleichung 13 (S. 29):

$$H_i = \bar{H}_i \cdot q^* \cdot OR_i \quad (45)$$

Wobei  $q^*$  das in Gleichung 5 (S. 27) definierte Helmtrageverhältnis ist, was in den Studien in der Regel durch das Verhältnis von  $N_{HK}$  zu  $N_{\bar{H}K}$  errechnet wird. Wie oben gezeigt, gelingt eine gute Approximation über einen Exponentialfit.

Aus dem exponentiellen Ansatz für die Anzahl der Helmnichtträger

$$N_{\bar{H}}(AIS) = a_1 \cdot e^{b_1 \cdot AIS} \quad (46)$$

folgt unmittelbar:

$$\bar{H}_i = a_1 \cdot e^{b_1 \cdot i} = a_1 \cdot (c_1)^i, \text{ mit } c_1 = e^{b_1}, i = 1..6 \quad (47)$$

Sei  $M_{AIS} = \{1,2,3,4,5,6\}$  die Menge aller möglichen Indizes einer AIS-Schwere. Dann gilt für jede Teilmenge  $T_{AIS} \subseteq M_{AIS}$

$$OR_{T_{AIS}} = \frac{\sum_{i \in T_{AIS}} (OR_i \cdot (c_1)^i)}{\sum_{i \in T_{AIS}} ((c_1)^i)} \quad (48)$$

Dies gilt sogar allgemeiner für alle mit einem Faktor  $\gamma_i$  gewichteten Teilmengen:

$$OR_{T_{AIS}}^\gamma = \frac{\sum_{i \in T_{AIS}} (OR_i \cdot \gamma_i \cdot (c_1)^i)}{\sum_{i \in T_{AIS}} (\gamma_i \cdot (c_1)^i)} \quad (49)$$

Oder speziell für die Berechnung der  $OR_{k+}$

$$OR^{k+} = \frac{\frac{\sum_{i=k}^6 N_{HK}^{AISi}}{N_{HK}}}{\frac{\sum_{i=k}^6 N_{HK}^{AISi}}{N_{HK}}} = \frac{\sum_{i=k}^6 (OR_i \cdot (c_1)^i)}{\sum_{i=k}^6 ((c_1)^i)} \quad (50)$$

Über Gleichung 48 lassen sich bei gegebenen  $OR_i$  die oben erwähnten Vereinigungs-OR berechnen. So gilt z.B. für  $OR_{AIS4+}$ :

$$OR_{AIS4+} = \frac{OR_4 \cdot (c_1)^4 + OR_5 \cdot (c_1)^5 + OR_6 \cdot (c_1)^6}{(c_1)^4 + (c_1)^5 + (c_1)^6} \quad (51)$$

Zwar lassen sich bei gegebenen  $OR_{T_{AIS}}$  immer noch nicht die einzelnen  $OR_i$  berechnen. Man kann die Berechnungsmethode aber benutzen, um einen Ansatz für Gleichung 44 bezüglich der veröffentlichten Werte gemäß Tabelle 10 (S. 31) zu überprüfen.

Die Berechnung der Vereinigungs-OR gelingt auch bei anderen Approximationen. Wir werden später sehen, dass u.U. Summen von Exponentialfunktionen einen besseren Fit darstellen. Wenn wir ansetzen:

$$\bar{H}_i = a_4 \cdot e^{b_4 \cdot i} + c_4 \cdot e^{d_4 \cdot i}, i = 1..6 \quad (52)$$

ergibt sich für die Berechnung der  $OR_{k+}$  folgende Gleichung

$$OR^{k+} = \frac{\frac{\sum_{i=k}^6 N_{HK}^{AISi}}{N_{HK}}}{\frac{\sum_{i=k}^6 N_{HK}^{AISi}}{N_{HK}}} = \frac{\sum_{i=k}^6 (OR_i \cdot (a_4 \cdot e^{b_4 \cdot i} + c_4 \cdot e^{d_4 \cdot i}))}{\sum_{i=k}^6 (a_4 \cdot e^{b_4 \cdot i} + c_4 \cdot e^{d_4 \cdot i})} \quad (53)$$

Bei der Erstellung des Ansatzes für  $OR(AIS)$  wurde also einerseits gefordert, dass  $OR(AIS)$  einer „glatten Funktion“, wie z.B. eine exponentielle Funktion entsprechend Gleichung 44 gehorcht und dass die Werte gemäß Tabelle 10 (S. 31) gut approximiert werden.

In einem iterativen Verfahren wurden die Werte von  $OR_i$  gemäß dieser Forderung ermittelt.

## 12.4 Anhang 4: Mathematisches Vorgehen bei der Ableitung der Gleichungen zur Berechnung des Nutzens des Helmes

$N_{U_{AIS}}$  sei die Gesamtanzahl der Unfälle (mit Helm oder ohne Helm, Kopfverletzungen oder Nichtkopfverletzungen) mit der Schwere AIS in einem Jahr in einer Region (hier Deutschland). Sei ferner



$q_k^{AIS}$  der Anteil der Verletzungen, bei denen der Kopf bei einer bestimmten Folge AIS beteiligt ist. Für einen Unfall, bei dem der Verletzte auch am Kopf verletzt ist, allgemein (ohne Differenzierung nach Verletzungsschwere) liegt  $q_K$  weltweit bei ca. 30 %-35 %. Für die Folge liegt  $q_k^{Tod}$  bei 80-90 %.

Der Helm verändert die Wirkung eines Unfalls von  $x_1$  auf  $x_2$ , wobei  $x_2$  eine geringere Verletzungsschwere ist. Es gibt keine Untersuchungen darüber, wie stark sich durch eine Helmnutzung die Schwere einer Kopfverletzung in Bezug auf die einzelnen AIS-Grade ändert. Aus klinischen Studien abgeleitete OR-Werte bilden die summarische Wirkungen aller Verletzungsschwereverschiebungen auf Grund der Helmwirkung ab. Alle Verschiebungen von höheren auf niedrigere AIS-Grade sind in den gemessenen OR-Zahlen schon abgebildet.

Die in einem Jahr durch das Helmtragen reduzierte Menge  $\Delta N_U^{K-AIS}$  von Unfällen mit Kopfverletzung<sup>195</sup> der Schwere AIS lassen sich dadurch ermitteln, dass wir berechnen, wie viele kopfverletzte Unfallopfer mit Schwere AIS vorhanden wären, wenn zu keinem Zeitpunkt in dem Jahr ein Helm getragen würde, und davon die realen, empirischen Zahlen  $N_U^{K-AIS}$  der Unfallopfer mit Kopfverletzung der Verletzungsschwere AIS abziehen.

$$\Delta N_U^{K-AIS} = N_U^{\overline{WH}} - N_U^{K-AIS} \quad (54)$$

Dabei ist  $N_U^{\overline{WH}}$ <sup>196</sup> die Zahl der kopfverletzten Unfallopfer mit Schwere AIS in einer Welt ohne Helme, in der aber genauso viel Rad gefahren wird, also die Gesamtkilometerleistung  $KM = KM_H + KM_{\overline{H}}$  aller Radfahrer der betrachteten Population. Für  $N_U^{\overline{WH}}$  gilt mit der oben definierten bedingten Wahrscheinlichkeit  $P_{U_{km}}^{xH}$  (Gleichung 1, S. 26), der auf die Kilometerleistung bezogenen Wahrscheinlichkeit als Helmnichtträger eine Kopfverletzung der Schwere AIS zu erleiden:

$$N_U^{\overline{WH}} = P_{U_{km}}^{K-AIS\overline{H}} \cdot KM \quad (55)$$

Für die Unfallzahlen  $N_U^{K-AIS}$  in der Welt mit Helmnutzung gilt nun:

$$N_U^{K-AIS} = P_{U_{km}}^{K-AISH} \cdot KM_H + P_{U_{km}}^{K-AIS\overline{H}} \cdot KM_{\overline{H}} \quad (56)$$

Mit Gleichung 2 (S. 26), dem Odds Ratio (Gleichung 13, S. 29) als Schätzung des relativen Risikos  $WH^{K-AIS}$  (Gleichung 3, S. 26) sowie der Beziehung 4 (S. 27) über die kilometerbezogene Helmtragequote geht Gleichung (56) über in:

$$\begin{aligned} N_U^{K-AIS} &= P_{U_{km}}^{K-AIS\overline{H}} (KM_H \cdot OR^{K-AIS} + KM_{\overline{H}}) \\ &= P_{U_{km}}^{K-AIS\overline{H}} \cdot KM (OR^{K-AIS} \cdot q_{km}^H + 1 - q_{km}^H) \\ &= P_{U_{km}}^{K-AIS\overline{H}} \cdot KM (q_{km}^H (OR^{K-AIS} - 1) + 1) \end{aligned} \quad (57)$$

Das  $OR^{K-AIS}$  ist genau das im vorherigen Abschnitt berechnete OR bei einem gegebenen Schweregrad AIS. Unbekannt in Gleichung 57 ist nur  $P_{U_{km}}^{K-AIS\overline{H}}$ .

Für die bessere Übersicht seien im Folgenden zwei Hilfsvariablen eingeführt:

$$a = P_{U_{km}}^{K-AISH} \cdot KM \quad (58)$$

$$b = (q_{km}^H (OR^{K-AIS} - 1) + 1) \quad (59)$$

<sup>195</sup> Oder allgemein Kopfbeteiligung

<sup>196</sup>  $\overline{WH}$  steht für **W**elt ohne **H**elm

Dann gilt mit Gleichung 54:

$$N_{U^{K\_AIS}}^{\overline{WH}} = a \quad (60)$$

$$N_U^{K\_AIS} = a \cdot b \quad (61)$$

$$\Delta N_U^{K\_AIS} = a - a \cdot b = a(1 - b) \quad (62)$$

Aus 61 folgt:

$$a = \frac{N_U^{K\_AIS}}{b} \quad (63)$$

Und daher:

$$\Delta N_U^{K\_AIS} = N_U^{K\_AIS} \frac{1-b}{b} \quad (64)$$

b wieder eingesetzt liefert:

$$\Delta N_U^{K\_AIS} = N_U^{K\_AIS} \cdot \frac{q_{km}^H(1-OR^{K\_AIS})}{1-q_{km}^H(1-OR^{K\_AIS})} \quad (65)$$

Wenn die Helmtragequote  $q_{km}^H = 0$  oder wenn  $OR^{K\_AIS} = 1$ , ist  $\Delta N_U^{K\_AIS} = 0$ . Die maximale Wirkung des Helms entfaltet sich natürlich, wenn alle Fahrradfahrer immer einen Helm tragen.

Die Anzahl  $N_U^{K\_AIS}$  der Kopfverletzten mit Verletzungsschwere AIS erhalten wir nicht direkt aus veröffentlichten Unfallstatistiken, da dort Verletzte nicht nach AIS-Klassen differenziert veröffentlicht sind und die Kopfverletzten nicht separat ausgewiesen sind. Wir werden aber später zeigen, dass wir die Gesamtzahl  $N_U^{AIS}$  der Verletzten in einer AIS-Klasse aus veröffentlichten Verletztenzahlen berechnen können. Bei Kenntnis des Anteils der Kopfverletzungen  $q_K^{AIS}$  in einer Verletzungsschwereklasse können wir dann die Anzahl der Kopfverletzten mit Verletzungsschwere AIS berechnen. Allerdings ist  $q_K^{AIS}$  eine Funktion der Helmtragequote. Mit einer höheren Helmtragequote im Land verringert sich der Anteil der Kopfverletzungen an allen Verletzungen. Für die Berechnung des  $q_K^{AIS}$  bei einer veränderten Helmtragequote muss also eigentlich schon die Verteilung der Kopfverletzten bekannt sein, für dessen Berechnung eben dieses  $q_K^{AIS}$  benötigt wird. Das bedeutet, dass die Berechnung der Helmwirkung nicht analytisch, sondern nur iterativ erfolgen kann.

Es gilt nun mit  $N_U^{AIS}$  als Anzahl der Verletzten in einer AIS-Klasse und  $q_K^{AIS, q_{km}^H}$  der Anteil der Kopfverletzten in dieser Klasse bei festgelegter Helmtragequote:

$$N_U^{K\_AIS} = N_U^{AIS} \cdot q_K^{AIS, q_{km}^H} \quad (66)$$

$$\Delta N_U^{AIS} = N_U^{AIS} \cdot q_K^{AIS, q_{km}^H} \cdot \frac{q_{km}^H(1-OR^{K\_AIS})}{1-q_{km}^H(1-OR^{K\_AIS})} \quad (67)$$

Neben den absoluten Zahlen benötigen wir im Weiteren die relative, durch den Helm verursachte Veränderung. Dies wird in der Literatur als PAR (population attributable risk oder population attributable fraction) bezeichnet (siehe z.B. Gutsche et al., 2011). Dies bezeichnet das Verhältnis der vermiedenen Kopfverletzungen in einer Verletzungsschwere bezogen auf alle Verletzungen (nicht nur Kopf):

$$PAR_{AIS} = \frac{\Delta N_U^{K\_AIS}}{N_U^{AIS}} = q_K^{AIS, q_{km}^H} \cdot \frac{q_{km}^H(1-OR^{K\_AIS})}{1-q_{km}^H(1-OR^{K\_AIS})} \quad (68)$$

$PAR_{AIS}$  kann Werte zwischen 0 und  $\infty$  einnehmen. Bei  $PAR_H = \infty$  gibt es wegen des Helms keine Verletzten von der Verletzungsschwere AIS mehr und das Risiko würde demnach um 100 % gesenkt. Das ist natürlich nur möglich, wenn die Helmtragequote  $q_{km}^H$  bei 1 und OR bei 0 liegt sowie alle Verletzungen Helmverletzungen sind. Bei  $PAR_H = 1$  würden genauso viele Verletzungen von der Verletzungsschwere AIS vermieden, wie dann tatsächlich auftreten – das Risiko würde also um  $\Delta P_{AIS} = 50\%$  gesenkt. Allgemein gilt für  $\Delta P_{AIS}$ , der Veränderung des Risikos der Verletzungsschwere AIS wegen des Helmes.

$$\Delta P_{AIS} = \frac{PAR_{AIS}}{PAR_{AIS}+1} \quad (69)$$

Das population attributable risk PAR kann man nun auch heranziehen, um auszurechnen, wie sich die Opferzahlen in einer Population von  $N_{U0}^{AIS}$  Verunfallten mit Verletzungsschwere AIS beim Übergang von der Helmtragequote  $q_{H0}$  auf  $q_{H1}$ <sup>197</sup> auf die veränderte Opferzahlen  $N_{U1}^{AIS}$  verändern würde. Dies ist die eigentlich interessierende Zahl einer Veränderung von Opferzahlen bei Einführung einer Maßnahme, die zu einer Veränderung der Helmtragequote führt.

Sei  $\Delta_{N_U^{K,AIS}}^0$  die Zahl der am Kopf Verletzten des Schweregrades AIS bei Helmtragequote  $q_{H0}$ , die durch das Helmtreten vermieden werden.  $N_{U0}^{AIS}$  sein die Anzahl der Verletzten überhaupt bei dieser Helmtragequote,  $\Delta_{N_U^{K,AIS}}^1$  die Vermeidung bei der geänderten Helmtragequote  $q_{H1}$ ,  $N_{U1}^{AIS}$  die Anzahl der Verletzten bei der Helmtragequote  $q_{H1}$  und  $PAR^0$  und  $PAR^1$  die population attributable risk bei den beiden Helmtragequoten. Dann gilt:

$$\Delta_{N_U^{K,AIS}}^0 = PAR^0 \cdot N_{U0}^{AIS} \quad (70)$$

$$\Delta_{N_U^{K,AIS}}^1 = PAR^1 \cdot N_{U1}^{AIS} \quad (71)$$

Der Vergleich gegenüber der Welt ohne Helme liefert:

$$N_{U1}^{AIS} + \Delta_{N_U^{K,AIS}}^1 = N_{U0}^{AIS} + \Delta_{N_U^{K,AIS}}^0 \quad (72)$$

Nach Einsetzen folgt

$$N_{U1}^{AIS} = \frac{N_{U0}^{AIS}(PAR^0+1)}{(PAR^1+1)} \quad (73)$$

Für die durch die Änderung der Helmtragequote induzierte Differenz der Kopfverletzten des Schweregrades AIS gilt:

$$\Delta_{N_U^{K,AIS}}^{0 \rightarrow 1} = N_{U0}^{AIS} - N_{U1}^{AIS} \quad (74)$$

Einsetzen von Gleichung 73 liefert dann:

$$\Delta_{N_U^{K,AIS}}^{0 \rightarrow 1} = N_{U0}^{AIS} \left( \frac{PAR^1 - PAR^0}{1 + PAR^1} \right) \quad (75)$$

$N_{U0}^{AIS}$  lässt sich aus veröffentlichten Unfalldaten errechnen,  $PAR^0$  und  $PAR^1$  errechnen sich aus Gleichung 68. Allerdings ist dies wie eben bemerkt nicht analytisch möglich, da in den PAR der Faktor der Kopfverletzungen unter allen Verletzungen steckt und dieser von Veränderungen, die eine geänderte Helmtragequote bewirkt, abhängt. Eine Berechnung gelingt, indem man in einer Simulation die

<sup>197</sup> $q_{H0}$  ist das  $q_{km}^H$  zu einem Zeitpunkt 0,  $q_{H1}$  ist das  $q_{km}^H$  zu einem späteren Zeitpunkt 1

Helmtragequote langsam iterativ verändert und die Wirkungen der damit berechneten  $\Delta_{N_U^{K,AIS}}^{0 \rightarrow 1}$  auf die  $q_K^{AIS, q_{km}^H}$  im nächsten Iterationsschritt berücksichtigt

### 12.4.1 Iterative Berechnung des absoluten Nutzens der Veränderung einer Helmtragequote über eine Simulation

Wie eben bemerkt, ist die Berechnung des Nutzens des Helmes nicht analytisch möglich, sondern nur über eine Simulation, bei der die Helmtragequote iterativ, von einer Ausgangshelmtragequote beginnend verändert wird und die Wirkungen berechnet werden. Über diesen Ansatz lässt sich die durch die Änderung der Helmtragequote induzierte Differenz der Kopfverletzten des Schweregrades AIS über einen alternativen Weg als der im vorherigen Abschnitt beschriebenen berechnen.

Sei  $N_{HK^0}^{AIS}$ , die Anzahl der kopfverletzten Helmträger in einer Population, differenziert nach der Schwere der Verletzung gemäß AIS-Kodierung bei einer gegebenen Helmtragequote  $q_{H0}$ .  $N_{HK^1}^{AIS}$  seien die Fallzahlen bei einer anderen Helmtragequote  $q_{H1}$ .  $N_{HK^0}^{AIS}$ ,  $N_{HK^1}^{AIS}$ ,  $N_{HK^0}^{AIS}$ ,  $N_{HK^1}^{AIS}$ ,  $N_{HK^0}^{AIS}$ ,  $N_{HK^1}^{AIS}$  seien weitere Fallzahlen mit einer Semantik gemäß der in Kapitel 2.2 (S. 24) eingeführten Nomenklatur. Dann muss beim Übergang von  $q_{H0}$  auf  $q_{H1}$  folgendes gelten:

Die Fallzahlen der Nichtkopfverletzten ändern sich wegen der angenommenen Gleichheit der Unfallwahrscheinlichkeit von Helmträgern und Helmnichtträgern durch die Änderung der Helmtragequote nicht. Es ändert sich nur die Verteilung zwischen Helmträgern und Helmnichtträgern. Sei  $\Delta_1$  die Veränderung der Fallzahlen. Dann gilt:

$$N_{HK^0}^{AIS} + \Delta_1 = N_{HK^1}^{AIS} \quad (76)$$

$$N_{HK^0}^{AIS} - \Delta_1 = N_{HK^1}^{AIS} \quad (77)$$

Die Nichtkopfverletzten spiegeln wie gesagt die Helmtragequote wieder. Es gilt also:

$$\frac{N_{HK^0}^{AIS}}{N_{HK^0}^{AIS}} = q_{H0} \quad (78)$$

$$\frac{N_{HK^0}^{AIS} + \Delta_1}{N_{HK^0}^{AIS} - \Delta_1} = q_{H1} \quad (79)$$

Mit der Konstanz der Nichtkopfverletzten bei Änderung der Helmtragequote:

$$N_{HK^0}^{AIS} + N_{HK^0}^{AIS} = N_{HK^1}^{AIS} + N_{HK^1}^{AIS} \quad (80)$$

Folgt dann:

$$\Delta_1 = N_{HK^0}^{AIS} * \left( q_{H1} - q_{H0} \left( \frac{1 - q_{H1}}{1 - q_{H0}} \right) \right) \quad (81)$$

Die Veränderung der kopfverletzten Helmnichtträger auf Grund der veränderten Helmtragequote errechnet sich analog. Es gilt:

$$N_{HK^1}^{AIS} = N_{HK^0}^{AIS} - \Delta_2 \quad (82)$$

Das Verhältnis der kopfverletzten zu den nichtkopfverletzten unter den Helmnichtträgern bleibt bei veränderter Helmtragequote gleich:

$$\frac{N_{HK^0}^{AIS}}{N_{HK^0}^{AIS}} = \frac{N_{HK^1}^{AIS}}{N_{HK^1}^{AIS}} \quad (83)$$

Nach umformen folgt dann

$$\Delta_2 = \frac{N_{HK^0}^{AIS}}{N_{HK^0}^{AIS}} \cdot \Delta_1 \quad (84)$$

Den Rückgang der kopfverletzten Helmträger errechnen wir dann dadurch, dass wir fordern, dass die Helmwirkung bei kopfverletzten Helmträgern abbildende Odds Ratio unabhängig von der Helmtragequote ist und deshalb auch bei Zeitpunkt 1 gilt. Das heißt:

$$OR^{AIS} = \frac{\frac{N_{HK^1}^{AIS}}{N_{HK^1}^{AIS}}}{\frac{N_{HK^1}^{AIS}}{N_{HK^1}^{AIS}}} \quad (85)$$

Daraus folgt dann unmittelbar:

$$N_{HK^1}^{AIS} = OR^{AIS} \cdot N_{HK^1}^{AIS} \frac{N_{HK^1}^{AIS}}{N_{HK^1}^{AIS}} \quad (86)$$

mit

$$N_1^{AIS} = N_{HK^1}^{AIS} + N_{HK^1}^{AIS} + N_{HK^1}^{AIS} + N_{HK^1}^{AIS} \quad (87)$$

gilt dann für die  $q_K^{AIS, q_{H1}}$ :

$$q_K^{AIS, q_{H1}} = \frac{N_{HK^1}^{AIS} + N_{HK^1}^{AIS}}{N_1^{AIS}} \quad (88)$$

Und für die durch die Änderung der Helmtragequote induzierte Differenz der Verletzten des Schweregrades AIS gilt:

$$\Delta_{N_U^{K-AIS}}^{0 \rightarrow 1} = N_1^{AIS} - N_0^{AIS} \quad (89)$$

Für  $q_{H1} > q_{H0}$  resultieren negative Werte.

Die  $\Delta_{N_U^{K-AIS}}^{0 \rightarrow 1}$  bilden die vermiedenen Kopfverletzungen aller Schweregrade ab. Sie entsprechen der Summe der in Abbildung 3 (S. 29) erläuterten Mengen  $N_{HKH} + N_{H\bar{V}H}$ . Wie oben geschildert, vernachlässigen wir die wegen der Helmwirkung noch immer Verletzten, aber nicht mehr Kopfverletzten  $N_{H\bar{K}H}$ . Das Resultat sind Unverletzte.

## 12.5 Anhang 5: Berechnung der Kopfverletzungsquoten für AIS-Summenklassen

Wenn also für die Anzahl der Verletzten  $N_V^i$  in der AIS-Klasse i gilt:

$$N_V^i = a_v \cdot e^{b_v \cdot i} = a_v * (c_v)^i, i = 1..6 \quad (90)$$

Errechnet sich die Kopfverletztenquote für die Verletztenklasse j+ gemäß der Definition zu:

$$q_k^{j+} = \frac{\sum_{i=j}^6 N_K^i}{\sum_{i=j}^6 N_V^i} \quad (91)$$

Mit der Definition für  $N_K^i$  folgt nach Umstellen:

$$N_K^i = q_k^i * N_V^i \quad (92)$$

Für Gleichung 91 bei Berücksichtigung von 90 gilt dann

$$q_k^{j+} = \frac{\sum_{i=j}^6 (c_v)^i \cdot q_k^i}{\sum_{i=j}^6 (c_v)^i}, j=1..5 \quad (93)$$

$q_k^{j+}$  verändert sich wie  $q_k^j$  bei einer veränderten Helmtragequote wegen der relativen Verringerung der Anteile der Kopfverletzungen.  $q_k^{j+}$  wird im Folgenden zur Berechnung des Verbleibs der vermiedenen Verletzten benötigt.

Ebenso wie bei der Berechnung der OR kann für die Berechnung der  $q_k^{j+}$  auch der Ansatz mit doppelter e-Funktion für  $N_V^i$  gesetzt werden. Mit

$$N_V^i = a_v \cdot e^{b_v \cdot i} + c_v \cdot e^{d_v \cdot i}, i = 1..6 \quad (94)$$

folgt dann

$$q_k^{j+} = \frac{\sum_{i=j}^6 ((a_v \cdot e^{b_v \cdot i} + c_v \cdot e^{d_v \cdot i}) \cdot q_k^i)}{\sum_{i=j}^6 (a_v \cdot e^{b_v \cdot i} + c_v \cdot e^{d_v \cdot i})}, j=1..5 \quad (95)$$

## 12.6 Anhang 6: Vorgehen bei der Berechnung der Gesundheitswirkung eines Rückgangs der Fahrradfahrleistung

Ausgangspunkt der Berechnung ist eine Darstellung des relativen Sterberisikos (RR) in Abhängigkeit der Fahrradfahrleistung. Dazu wurden die Werte aus den experimentellen Befunden (Abbildung 102, S. 174) mit einer gewichteten doppelten Exponentialfunktion gefittet, wobei die Wichtungen umgekehrt proportional zur Varianz der Einzelergebnisse waren und umgekehrt proportional zum Abstand der Ausgleichskurve waren. Für das relative Sterberisiko in Abhängigkeit von der Fahrleistung (in MET-Stunden/Woche) ergibt sich:

$$RR(FL) = 0,3 \cdot e^{-0,07 \cdot FL} + 0,7 \cdot e^{-0,00027 \cdot FL} \quad (96)$$

Für die Parameter des Rückgangs der Fahrradfahrleistung und des möglichen Übergangs auf das Zu Fußgehen entsprechend der Ergebnisse von Kapitel 4.1 (Tabelle 41, S. 128) werden für die Fahrradfahrer aus den Klasse I und II (1-9 und 10-19) die Daten der 14-19-Jährigen verwendet. Für die Altersklassen IV und V (über 64) werden die Daten der über 64-Jährigen verwendet.

Zur Ermittlung der Fahrradfahrexposition für diese Altersklasse wurden die Daten von MID 2008 (2010) ausgewertet. Im Jahr 2014 gab es bei Berücksichtigung eines 10-prozentigen prozentigen Anstiegs seit 2008  $N = 11,916$  Millionen aktive Fahrradfahrer. Die folgenden Berechnungen wurden für alle Altersklassen durchgeführt. Im Folgenden wird die Berechnung für die Altersklasse 20-64 Jahre exemplarisch vorgestellt. Abbildung 121 zeigt die Dichte der klassierten wöchentlichen Fahrzeiten der 20-64-jährigen Fahrradfahrer, abgeleitet aus den Daten von MID2008 in der Einheit MET-Wochenstunden, wobei 6,8 MET h/Woche 100 Minuten Fahrradfahren in der Woche entspricht. Die

Daten wurden mit einem loglogistischen Fit approximiert (Reliawiki, 2015). Die Fahrzeitendichtefunktion (bildet die Form der Verteilung der Fahrtzeiten ab) mit der wöchentlichen Fahrleistung in MET-Stunden errechnet sich so zu:

$$\text{pdf}(\text{FL}|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \frac{1}{\text{FL}} \frac{e^z}{(1+e^z)^2}, \text{ mit } z = \frac{\log(\text{FL}) - \mu}{\sigma}, \mu = 2,68, \sigma = 0,545 \quad (97)$$

Der Mittelwert der Verteilungsfunktion liegt bei 25,1 MET-h/Woche. Nach Normierung auf 1, Auswertung an 100 gleichmäßig verteilten Werten von 0 bis 143 MET-Stunden/Woche und Multiplikation mit der Gesamtzahl der  $B_{f20\_64\_0} = 6,879$  Millionen aktiven Fahrradfahrer im Alter von 20 bis 64 Jahren (aus MID 2008, siehe im Anhang Tabelle 89, S. 361) ergibt sich die geglättete Verteilung  $N_F^0(\text{FL})$  der Anzahl der Fahrradfahrer in Fahrradfahrleistungs-klasse gemäß Gleichung 98 (siehe Abbildung 122).

$$N_F^0(\text{FL}) = \frac{\text{pdf}(\text{FL}|\mu, \sigma)}{\max(\text{pdf}(\text{FL}|\mu, \sigma))} \cdot B_{f20\_64\_0} \quad (98)$$

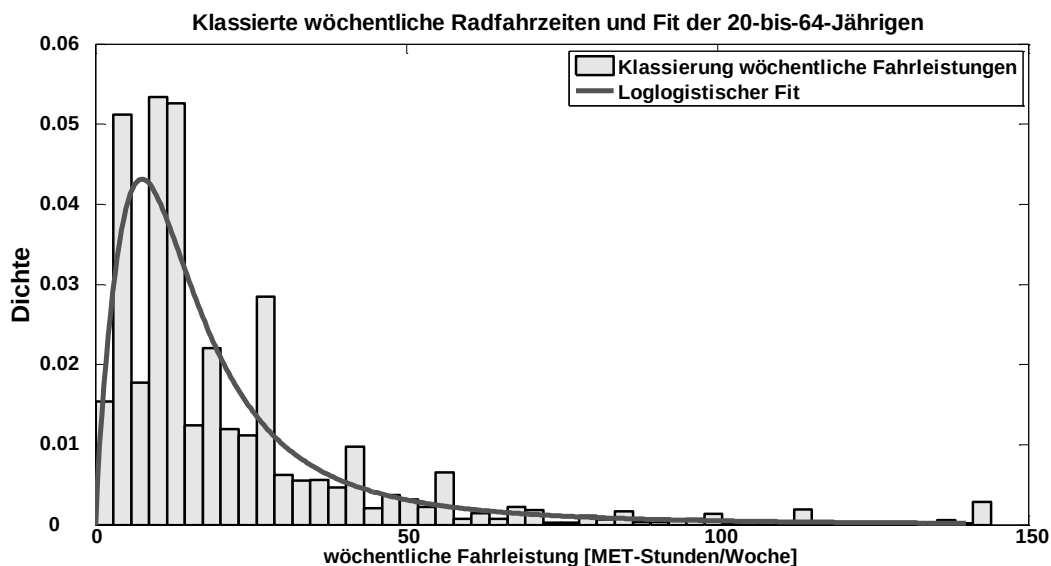


Abbildung 121: Klassierte wöchentliche Fahrzeiten (unnormiert) deutscher Fahrradfahrer zwischen 20 und 64 und loglogistischer Fit (berechnet aus MID2008, 2010).

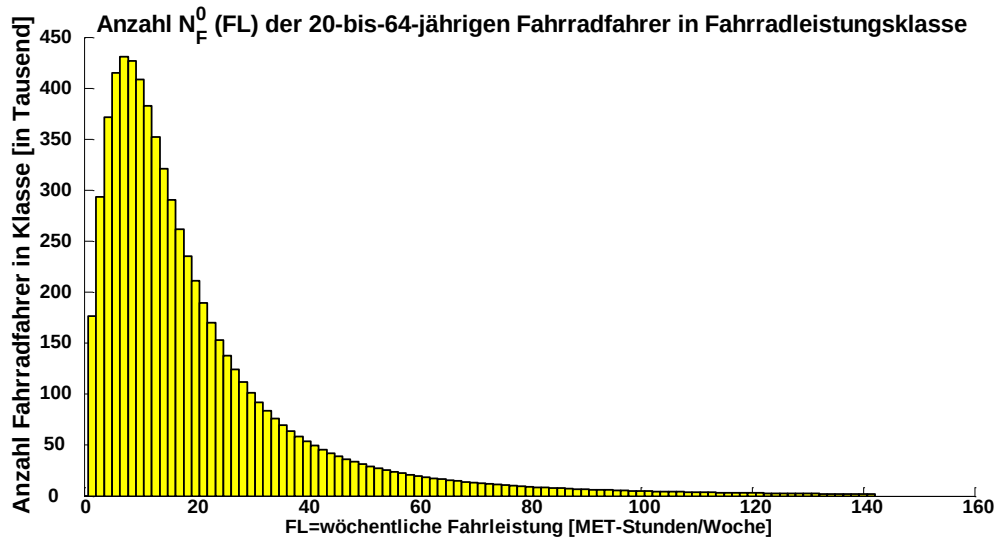


Abbildung 122: Anzahl  $N_F^0(FL)$  der Fahrradfahrer im Alter zwischen 20 und 64 in Deutschland in den Fahrleistungsklassen ( $N=100$  Klassen).

Zur Berechnung der durch das Fahrradfahren vermiedenen Toten definieren wir zunächst analog zu Abschnitt 2.2.1 (S. 25) die vier Fallanzahlen  $N_F$ ,  $N_{FT}$ ,  $N_{\bar{F}}$ ,  $N_{\bar{F}T}$ , wobei  $N$  für Anzahl, der Index  $F$  für Fahrradfahrer,  $\bar{F}$  für Nicht-Fahrradfahrer und  $T$  für Toter steht. Das relative Risiko  $RR$  mit der Exposition Fahrradfahren gegenüber einer nicht vorhandenen körperlichen Betätigung zu sterben ist definiert zu:

$$RR = \frac{\frac{N_{FT}}{N_F}}{\frac{N_{\bar{F}T}}{N_{\bar{F}}}} = \frac{N_{FT}}{N_{\bar{F}T}} \frac{1}{q^*} \quad (99)$$

Wobei

$$q^* = \frac{N_F}{N_{\bar{F}}} \quad (100)$$

Die Anzahl der durch die Fahrradnutzung reduzierten Toten lässt sich errechnen, wenn man sich eine Welt ohne Fahrradfahrer vorstellt und die Differenz  $\Delta_{Tote}$  der Toten dort zu den heute aktuellen Zahlen ausrechnet. Es gilt also mit  $N_{T\bar{F}}^0$ , der Anzahl der Toten in der Welt, in der die jetzigen Fahrradfahrer nicht Fahrrad fahren:

$$N_{T\bar{F}}^0 = \Delta_{Tote} + N_{FT} \quad (101)$$

Die Sterberate der hypothetisch nicht Fahrrad-fahrenden entspricht der heute tatsächlich nicht Fahrrad-fahrenden. Also:

$$\frac{N_{T\bar{F}}^0}{N_{\bar{F}}} = \frac{\Delta_{Tote} + N_{FT}}{N_{\bar{F}}} = \frac{N_{\bar{F}T}}{N_{\bar{F}}} \quad (102)$$

Aus Gleichung 99 folgt:

$$N_{\bar{F}T} = \frac{N_{FT}}{RR} \frac{1}{q^*} \quad (103)$$

Eingesetzt in Gleichung 102 liefert:



$$\Delta_{Tote} = N_{FT} \frac{(1-RR)}{RR} \quad (104)$$

Die Sterberate  $r_m$  definiert sich zu

$$r_m = \frac{N_{FT} + N_{\bar{F}T}}{N_F + N_{\bar{F}}} \quad (105)$$

Die Sterberaten der Gesamtbevölkerung, auch separiert nach Altersklassen, sind veröffentlicht. Mit der Gesamtbevölkerungszahl  $B = N_F + N_{\bar{F}}$  ergibt sich nach Umformung von Gleichung 105 unter Berücksichtigung von Gleichung 102:

$$N_{FT} = B \cdot r_m \left( \frac{q^* \cdot RR}{1 + q^* \cdot RR} \right) \quad (106)$$

Einsetzen in 104 liefert:

$$\Delta_{Tote} = r_m \cdot B \cdot q^* \frac{(1-RR)}{1 + q^* \cdot RR} \quad (107)$$

Gleichung 107 gilt allerdings einerseits nur für einen festen Wert, der eigentlich von der Dosis FL (Fahrradleistung) abhängigen Funktion  $RR(FL)$ , und andererseits nur für eine Referenz der Nichtfahrradfahrer ohne jegliche körperliche Aktivität. Zur korrekten Berechnung der durch das Fahrradfahren vermiedenen Toten müssen deshalb die durch andere körperliche Aktivitäten (nicht Fahrradfahren) in einer Bevölkerungsgruppe vermiedenen Toten abgezogen werden. Für Deutschland kann dafür beispielsweise (nach Abzug der mittleren Fahrradaktivität) auf den DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“ (Froböse & Wallmann-Sperlich, DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“, 2016) zurückgegriffen werden. Dort sind mittlere Aktivitätsdosen der Deutschen in MET-Stunden/Woche veröffentlicht. Da sich die  $RR$ -Kurven in Abhängigkeit der Dosis für allgemeine, nicht übermäßig starke körperliche Aktivität von denen des Fahrradfahrens kaum unterscheiden (siehe Abbildung 78, S. 133 und Abbildung 103, S. 175), lässt sich für diese Grundaktivität eine Grundreduzierung  $RR_0$  der Sterberate mit einer korrespondierenden Grundaktivität (Dosis)  $D_0$  aus den  $RR(FL)$ -Kurven ableiten.

Sei  $D_0$  die mittlere Grundaktivität (Dosis) einer Bevölkerung (Fahrradfahrer und Nichtfahrradfahrer zusammen),  $D_{F0}$  die körperliche Aktivität der Fahrradfahrer zusätzlich zum Fahrradfahren und  $D_F$  die Dosis des Fahrradfahrens. Dann lassen sie die korrespondierenden  $RR_0$ , und  $RR_F$  (mit  $FL = F_L + D_F$ , wobei  $F_L$  gleich der Dosis aus der Fahrradleistung) aus Gleichung 96 berechnen. Die durch das Fahrradfahren vermiedenen Toten errechnen sich demnach zu:

$$\Delta_{Tote} = r_m \cdot B \cdot q^* \cdot \left[ \frac{(1-RR_F)}{1 + q^* \cdot RR_F} - \frac{(1-RR_0)}{1 + q^* \cdot RR_0} \right] \quad (108)$$

Da  $RR_F$  gemäß Gleichung 96 von der Fahrradleistung abhängt, muss die Gleichung 108 als Funktion von  $FL$  umformuliert werden. Der Index „0“ bezeichnet im Folgenden den momentanen Stand (Vor Einführung einer Helmpflicht). Außerdem formulieren wir die Gleichung für eine bestimmte Altersklasse, da die Fahrradleistung und noch mehr die Sterberate von der Altersklasse abhängen.

Sei  $\Delta_{Tote}^{20,64,0}$  die Anzahl der Toten unter den 20-64-Jährigen, die im Jahr 2015 dadurch vermieden wurde, dass sie Fahrrad fuhren und sich dadurch ihre gesundheitsbedingte Sterberate verringert hat.  $d\Delta_{Tote}^{20,64,0}(FL)$  ist die Anzahl in der Fahrradaktivitätsklasse  $FL$ . Mit  $B_{20,64,0}$  der Bevölkerungsanzahl Deutschlands, der Sterberate  $r_{m20,64}$  der 20-64-Jährigen und dem Anteil  $q_{FL}^{20,64,0}(FL)$  der 20-64-

jährigen Fahrradfahrer an der Gesamtbevölkerung in der Altersklasse und in der Fahrleistungsklasse FL ergibt sich für die heutige Gesundheitswirkung:

$$d\Delta_{Tote}^{20,64-0}(FL) = B_{20,64-0} \cdot r_{m20,64} \cdot q_{FL}^{20,64-0}(FL) \left[ \frac{(1-RR(FL+D_{F0}^{20,64-0}))}{1+q_{FL}^{20,64-0} \cdot RR(FL+D_{F0}^{20,64-0})} - \frac{(1-RR_0^{20,64-0})}{1+q_{FL}^{20,64-0} \cdot RR_0^{20,64-0}} \right] \quad (109)$$

$RR_0^{20,64-0}$  ist dabei der Wert der Funktion  $RR(FL)$  an der Stelle  $FL=D_0$ ,  $RR(FL)$  errechnet sich gemäß Gleichung 96 und  $q_{FL}^{20,64-0}(FL)$  errechnet sich gemäß:

$$q_{FL}^{20,64-0}(FL) = \frac{N_F^{20,64-0}(FL)}{B_{20,64-0} - N_F^{20,64-0}(FL)} \quad (110)$$

Mit  $N_F^{20,64-0}(FL)$  der Anzahl der Fahrradfahrer in der Altersklasse von 20-64 Jahren und  $B_{20,64-0}$  die Bevölkerungsanzahl in dieser Altersklasse. Die Gesamtzahl  $\Delta_{Tote}^{20,64-0}$  der verhinderten Toten in der Altersklasse ergibt sich dann aus der Summierung der  $d\Delta_{Tote}^{20,64-0}(FL)$  über alle FL-Klassen.

$$\Delta_{Tote}^{20,64-0} = \sum_{FL} d\Delta_{Tote}^{20,64-0}(FL) \quad (111)$$

Für die Grundaktivität der deutschen Bevölkerung (differenziert nach Altersklassen) wurden bei der Berechnung auf Daten des DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“ (Froböse & Wallmann-Sperlich, DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“, 2016) zurückgegriffen. Der Report differenziert in die Altersklassen 18-29, 30-45 Jahre, 46-65 Jahre, >66 Jahre. Für die Grunddosis  $D_0$  wurden die dort veröffentlichten Mittelwerte (nach Abzug des geschätzten Anteils vom Fahrradfahren) herangezogen und auf unsere Altersdifferenzierung gemappt (siehe Anhang Tabelle 89, S. 361). Der Report ist ebenfalls Grundlage für die Festlegung der altersdifferenzierten Zusatzdosis  $D_{F0}$  körperlicher Aktivität der Fahrradfahrer.

### 12.6.1 Einfluss einer Helmpflicht

Zur Berechnung des Einflusses der Einführung einer Helmpflicht in Deutschland wird obige Berechnung mit einer veränderten Verteilung der Fahrleistung berechnet und mit dem Index „1“ gekennzeichnet. In der Berechnungsvorschrift (109) ändert sich nur der Term  $q_{FL}^{20,64-0}(FL)$  auf  $q_{FL}^{20,64-1}(FL)$ . Ideal wäre die Schätzung einer neuen Berechnung der Verteilung der Fahrleistungen (Dichtefunktion in FL). Bei den kleinen erwarteten Werten der Reduktion, die auch in der Befragung von Kapitel 4.1.6.1, S. 122) bestätigt wurde, bleibt die Form aber in Etwa erhalten. Die Reduktion der Gesundheitsleistung berechnen wir bei Annahme einer gleichen Verteilungsfunktion durch Berechnung der Reduzierung in der Anzahl der Fahrradfahrer auf die Zahl der Fahrradfahrer zwischen 20 und 64 ( $B_{f20,64-1}$ ).

Die Reduzierung ergibt sich einerseits dadurch, dass ein Teil der Fahrradfahrer nach Einführung einer Helmpflicht ganz aufhören zu fahren (Gruppe der Aufhörer) und andererseits dadurch, dass ein zweiter Teil die Fahrleistung reduziert (Gruppe der Reduzierer). In Kapitel 4.1.6.1 (S. 122) hat sich aus der im Rahmen des Projektes durchgeführten Befragung gezeigt, dass in der Altersklasse der 20-bis-64-Jährigen 5,2 % ganz aufhören (Tabelle 41, S. 128). Allerdings hatten sie im Mittel eine um 20 % kleinere Fahrradfahrleistung als der Durchschnitt der Fahrer. In der Berechnung findet dies dadurch Berücksichtigung, dass nicht die gesamte Fahrleistung als Reduktion der Gesundheitsleistung gewertet wird. Rechnerisch geschieht dies durch Erhöhung von  $RR_0$ .

## 12.6.2 Berücksichtigung des Modalsplits Fußgänger

Die Berechnungsmethode zur Berechnung des Zu-Fuß-Gehens ist analog zu der oben für die Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens vorgestellte. Die Gesundheitswirkung des Zu-Fuß-Gehens ist bezogen auf gleiche metabolische Äquivalente gemäß HEAT (2015) etwas kleiner als die des Fahrradfahrens. Die Berechnungen gehen von 4 MET bei 170 Minuten Zufußgehen in der Woche aus (World Health Organization, 2014). Gleiches kann man aus Woodcock et al., 2011 und Kelly et al. 2014 schließen. Für die folgenden Berechnungen wurden die Befunde so zusammengefasst, dass sich wiederum eine Funktion  $RR(PL^{198})$  als Abschätzung ableiten lässt (Abbildung 123).

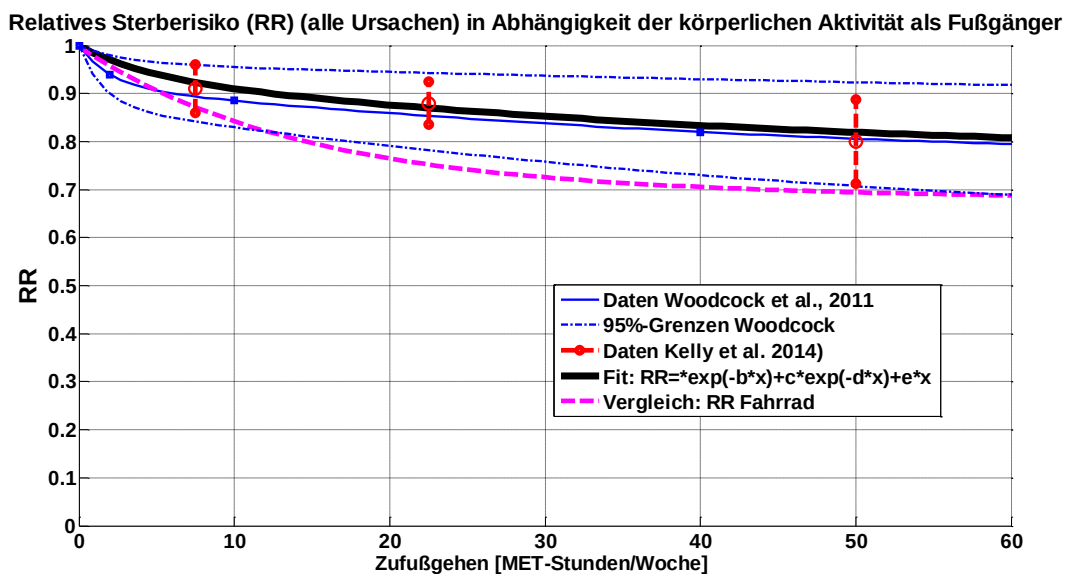


Abbildung 123: Relatives Risiko der Sterblichkeit in Abhängigkeit der wöchentlichen Dosis der Zufußgehleistung, abgeleitet aus Kelly et al., 2014 und Woodcock et al., 2011.

Für das relative Sterberisiko für Fußgänger in Abhängigkeit von der Fußgängerleistung (in MET-Stunden/Woche) ergibt sich dann:

$$RR_P(PL) = 0,064 \cdot e^{-0,218 \cdot PL} + 0,936 \cdot e^{-0,0076 \cdot PL} + 0,0036 \cdot PL \quad (112)$$

Aus der in Kapitel 4.1 (S. 96) dargestellten Befragung im Rahmen dieses Projektes lässt sich ableiten, wie viel der reduzierten Fahrradleistung durch Zufußgehen ersetzt wird (Tabelle 41, S. 128). Mit den Daten lässt sich die durch den Übergang auf das Zufußgehen verhinderte Reduktion der Toten wegen einer Reduzierung des Radverkehrs mit den obigen Berechnungsvorschriften berechnen. Für  $D_0$  wurde derselbe Wert verwendet, wie er bei der Berechnung der Wirkung des Fahrradrückgangs eingesetzt wurde. Eine zusätzliche Geheleistung  $D_{P0}$  wurde nicht angenommen.

<sup>198</sup> Pedes-Leistung

## 12.7 Anhang 7: Vorgehen bei der Berechnung der positiven Wirkung des Rückgangs des Radverkehrs

Der Zuwachs an Verletzten und Toten errechnet sich in Proportion der Unfall-Wahrscheinlichkeitsverhältnisse (Faktoren  $fr_b^{uL}$  <sup>199</sup>, etc., Tabelle 90, S. 366). Sei  $r$  der prozentuale Rückgang der Fahrradleistung durch Einführung einer Helmpflicht. Seien weiterhin  $N_{LV}$ ,  $N_{SV}$ ,  $N_T$  die Zahlen der Leicht- und Schwerverletzten bzw. Toten in einem Jahr gemäß Berechnung in Kapitel 2.2, (S. 24 ff).

Durch den Übergang auf andere Verkehrsträger fallen verunglückte Radfahrer weg, es ergeben sich aber Verletzte und Tote bei der Benutzung der anderen Verkehrsträger. Die Anzahl der Verunglückten errechnet sich einerseits aus dem auf die Gesamtfahrleistung bezogenen prozentualen Anteil  $r_c$ ,  $r_b$ ,  $r_p$ ,  $r_o$  des Wechsels auf die Verkehrsträger Auto (Index „c“), ÖV (Index „b“), Fußgänger (Index „p“) oder auf den Verzicht des Transports (Index „o“) und andererseits aus den in Tabelle 90 (S. 366) berechneten Unfall-Wahrscheinlichkeitsverhältnissen. Es gilt also:

$$r = r_o + r_c + r_b + r_p \quad (113)$$

$\Delta_{LV}$ ,  $\Delta_{SV}$ ,  $\Delta_T$  als Rückgang der Verletzten oder Toten errechnet sich dann wie folgt:

$$\begin{aligned} \Delta_{LV} &= N_{LV} \cdot (r - r_c \cdot fr_c^{uL} - r_b \cdot fr_b^{uL} - r_p \cdot fr_p^{uL}) \\ \Delta_{SV} &= N_{SV} \cdot (r - r_c \cdot fr_c^{uS} - r_b \cdot fr_b^{uS} - r_p \cdot fr_p^{uS}) \\ \Delta_T &= N_T \cdot (r - r_c \cdot fr_c^g - r_b \cdot fr_b^g - r_p \cdot fr_p^g) \end{aligned} \quad (114)$$

Für die Berechnung werden die Parameter in Tabelle 90 (S. 366) eingesetzt.

Bei Annahme eines konstanten Zeitbudgets muss die Gleichung 114 um Korrekturfaktoren erweitert werden, die die dort verwendeten Kenngrößen auf Zeitleistung umrechnen. Mit den erweiterten Parametern von Tabelle 90 (S. 366) und der veränderten Berechnungsvorschrift

$$\begin{aligned} \Delta_{LV} &= N_{LV} \cdot \left( r^Z - r_c^Z \cdot fr_c^{uL} \cdot \frac{v_c}{v_f} - r_b^Z \cdot fr_b^{uL} \cdot \frac{v_b}{v_f} - r_p^Z \cdot fr_p^{uL} \cdot \frac{v_p}{v_f} \right) \\ \Delta_{SV} &= N_{SV} \cdot \left( r^Z - r_c^Z \cdot fr_c^{uS} \cdot \frac{v_c}{v_f} - r_b^Z \cdot fr_b^{uS} \cdot \frac{v_b}{v_f} - r_p^Z \cdot fr_p^{uS} \cdot \frac{v_p}{v_f} \right) \\ \Delta_T &= N_T \cdot \left( r^Z - r_c^Z \cdot fr_c^g \cdot \frac{v_c}{v_f} - r_b^Z \cdot fr_b^g \cdot \frac{v_b}{v_f} - r_p^Z \cdot fr_p^g \cdot \frac{v_p}{v_f} \right) \end{aligned} \quad (115)$$

ergeben sich dann die in Tabelle 56 (S. 183) dargestellten Werte:

<sup>199</sup>  $fr_b^{uL}$  ist beispielsweise das Verhältnis der auf die Kilometerleistung bezogene Anzahl leichtverletzte in öffentlichen Verkehrsmitteln zu dem Verhältnis beim Fahrradfahren. Der Faktor gibt an, wie sich die Verkehrssicherheit von Leichtverletzten in öffentlichen Verkehrsmitteln im Vergleich zum Fahrradfahren darstellt.

## 12.8 Anhang 8: Parameter für die Kosten-Nutzen-Analyse

*Tabelle 88: Parameter für die Berechnung des Nutzens einer erhöhten Helmtragequote durch verringerte Verletzten- und Totenzahlen*

| Variable                                                    | Variablenname | Wert  | Quelle              |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-------|---------------------|
| Odds Ratio                                                  | OR1           | 0,791 | Tabelle 12, S. 35   |
|                                                             | OR2           | 0,57  | "                   |
|                                                             | OR3           | 0,41  | "                   |
|                                                             | OR4           | 0,296 | "                   |
|                                                             | OR5           | 0,213 | "                   |
|                                                             | OR6           | 0,153 | "                   |
|                                                             | ORTod         | 0,378 | Gleichung 19, S. 49 |
| Anteil Unfälle mit Kopfverletzungen bei Helmtragequote 17 % | qhead1        | 0,30  | Tabelle 13, S. 37   |
|                                                             | qhead2        | 0,43  | "                   |
|                                                             | qhead3        | 0,57  | "                   |
|                                                             | qhead4        | 0,71  | "                   |
|                                                             | qhead5        | 0,85  | "                   |
|                                                             | qhead6        | 0,96  | "                   |
|                                                             | qheadTod      | 0,85  | "                   |
| Anteil Unfälle mit Kopfverletzungen bei Helmtragequote 49 % | qhead1        | 0,28  | Tabelle 13, 37      |
|                                                             | qhead2        | 0,39  | "                   |
|                                                             | qhead3        | 0,51  | "                   |
|                                                             | qhead4        | 0,65  | "                   |
|                                                             | qhead5        | 0,805 | "                   |
|                                                             | qhead6        | 0,94  | "                   |
|                                                             | qheadTod      | 0,83  | "                   |
| Dunkelziffer                                                | qd1           | 0,75  | Tabelle 16, S. 41   |
|                                                             | qd2           | 0,60  | "                   |
|                                                             | qd3           | 0,45  | "                   |
|                                                             | qd4           | 0,30  | "                   |
|                                                             | qd5           | 0,15  | "                   |

|                                                                                          |                |          |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|--------------------------------------|
|                                                                                          | qd6            | 0        | "                                    |
|                                                                                          | qdTod          | 0,2      | "                                    |
| Letalitätsrate (von AIS-Schweregrad)                                                     | $\delta 1$     | 0,15 %   | Gleichung 18, S. 47                  |
|                                                                                          | $\delta 2$     | 0,37 %   | "                                    |
|                                                                                          | $\delta 3$     | 4,2 %    | "                                    |
|                                                                                          | $\delta 4$     | 15,1 %   | "                                    |
|                                                                                          | $\delta 5$     | 58 %     | "                                    |
|                                                                                          | $\delta 6$     | 100 %    | "                                    |
| Anteile an Leicht- oder Schwerverletzten der vermiedenen Toten bei Abzug der Klasse AIS6 | qT1            | 2,3 %    | Tabelle 27, S. 51                    |
|                                                                                          | qT2            | 4,5 %    | "                                    |
|                                                                                          | qT3            | 14,8 %   | "                                    |
|                                                                                          | qT4            | 28,4 %   | "                                    |
|                                                                                          | qT5            | 50 %     | "                                    |
| Anteile des AIS-Grades an verletzten Fahrradfahrern qH=17 %                              | qAIS1          | 75,1 %   | Otte et al., 2013, Tabelle 14, S. 39 |
|                                                                                          | qAIS2          | 18,7 %   | "                                    |
|                                                                                          | qAIS3          | 4,65 %   | "                                    |
|                                                                                          | qAIS4          | 1,15 %   | "                                    |
|                                                                                          | qAIS5          | 0,287 %  | "                                    |
|                                                                                          | qAIS6          | 0,071 %  | "                                    |
| Anteile des AIS-Grades an verletzten Fahrradfahrern qH=49 %                              | qAIS1          | 76 %     | Otte et al., 2013, Tabelle 14, S. 39 |
|                                                                                          | qAIS2          | 18,3 %   | "                                    |
|                                                                                          | qAIS3          | 4,35 %   | "                                    |
|                                                                                          | qAIS4          | 1,023 %  | "                                    |
|                                                                                          | qAIS5          | 0,239 %  | "                                    |
|                                                                                          | qAIS6          | 0,0561 % | "                                    |
| Anzahl verunglückte Fahrradfahrer 2014 mit Beifahrer aus amtlicher Statistik             | N <sub>v</sub> | 77900    | (Statistisches Bundesamt, 2015c)     |
| Anzahl schwerverletzte Fahrradfahrer 2014 aus amtlicher Statistik                        | S <sub>v</sub> | 14522    | "                                    |
| Anzahl getötete Fahrradfahrer 2014 aus                                                   | T              | 396      | "                                    |

|                                                                                                                                  |                 |         |                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------|----------------------------------------------------------|
| amtlicher Statistik                                                                                                              |                 |         |                                                          |
| Anzahl der um die Dunkelziffer korrigierten verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland (2014) nach Schweregrad (für $q_H=17\%$ ) | N_AIS1_korr     | 234.245 | Tabelle 17, S. 41                                        |
|                                                                                                                                  | N_AIS2_korr     | 40.523  | "                                                        |
|                                                                                                                                  | N_AIS3_korr     | 7.714   | "                                                        |
|                                                                                                                                  | N_AIS4_korr     | 1.561   | "                                                        |
|                                                                                                                                  | N_AIS5_korr     | 327     | "                                                        |
|                                                                                                                                  | N_AIS6_korr     | 70      | "                                                        |
| davon Leichtverletzte                                                                                                            | N_leicht_korr   | 247.780 | "                                                        |
| davon Schwerverletzte                                                                                                            | N_schwer_korr   | 26.982  | "                                                        |
| davon Schwerstverletzte                                                                                                          | N_schwerst_korr | 9.602   | "                                                        |
| Anzahl der um die Dunkelziffer korrigierten verunglückten Fahrradfahrer in Deutschland (2014) nach Schweregrad (für $q_H=49\%$ ) | N_AIS1_korr     | 237.065 | "                                                        |
|                                                                                                                                  | N_AIS2_korr     | 39.615  | "                                                        |
|                                                                                                                                  | N_AIS3_korr     | 7.209   | "                                                        |
|                                                                                                                                  | N_AIS4_korr     | 1.382   | "                                                        |
|                                                                                                                                  | N_AIS5_korr     | 273     | "                                                        |
|                                                                                                                                  | N_AIS6_korr     | 55      | "                                                        |
| davon Leichtverletzte                                                                                                            | NI              | 248.609 | "                                                        |
| davon Schwerverletzte nach nationaler Berechnung                                                                                 | NsD             | 26.065  | "                                                        |
| davon Schwerstverletzte nach nationaler Berechnung                                                                               | NssD            | 8.864   | "                                                        |
| davon Schwerverletzte nach internationaler Berechnung                                                                            | Nsl             | 34.929  |                                                          |
| Anzahl der getöteten Fahrradfahrer inkl. Pedelecs im Alter von unter 20 Jahren inkl. Berücksichtigung der Dunkelziffer           | T0009           | 5       | (Statistisches Bundesamt, 2015c) und eigene Berechnungen |
| 10-19-Jährige                                                                                                                    | T1019           | 31      | "                                                        |
| 20-64-Jährige                                                                                                                    | T2064           | 176     | "                                                        |
| 65-79-Jährige                                                                                                                    | T6579           | 179     | "                                                        |
| 80-99-Jährige                                                                                                                    | T8099           | 104     | "                                                        |

|                                                                                                                                     |            |             |                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der schwerstverletzten Fahrradfahrer inkl. Pedelecs im Alter von bis unter 10 Jahren inkl. Berücksichtigung der Dunkelziffer | SSV0009    | 228         | (Statistisches Bundesamt, 2015c) und eigene Berechnungen                     |
| 10-19-Jährige                                                                                                                       | SSV1019    | 1.216       | "                                                                            |
| 20-64-Jährige                                                                                                                       | SSV2064    | 5.691       | "                                                                            |
| 65-79-Jährige                                                                                                                       | SSV6579    | 1.884       | "                                                                            |
| 80-99-Jährige                                                                                                                       | SSV8099    | 583         | "                                                                            |
| Anzahl der schwerverletzten Fahrradfahrer inkl. Pedelecs im Alter von bis unter 10 Jahren inkl. Berücksichtigung der Dunkelziffer   | SV0009     | 638         | (Statistisches Bundesamt, 2015c) und eigene Berechnungen                     |
| 10-19-Jährige                                                                                                                       | SV1019     | 3.428       | "                                                                            |
| 20-64-Jährige                                                                                                                       | SV2064     | 15.990      | "                                                                            |
| 65-79-Jährige                                                                                                                       | SV6579     | 5.292       | "                                                                            |
| 80-99-Jährige                                                                                                                       | SV8099     | 1.630       | "                                                                            |
| Anzahl der leichtverletzten Fahrradfahrer inkl. Pedelecs im Alter von bis unter 10 Jahren inkl. Berücksichtigung der Dunkelziffer   | LV0009     | 7.601       | (Statistisches Bundesamt, 2015c) und eigene Berechnungen                     |
| 10-19-Jährige                                                                                                                       | LV1019     | 47.559      | "                                                                            |
| 20-64-Jährige                                                                                                                       | LV2064     | 154.859     | "                                                                            |
| 65-79-Jährige                                                                                                                       | LV6579     | 31.486      | "                                                                            |
| 80-99-Jährige                                                                                                                       | LV8099     | 6.275       | "                                                                            |
| Wert des statistischen Lebens in Deutschland, nationale Berechnung                                                                  | VSL1       | 1.182.126 € | (OECD, 2012), Tabelle 57, S. 192                                             |
| Wert des statistischen Lebens in Deutschland, internationale Berechnung                                                             | VSL2       | 4.230.000 € | (BASt, 2015), Tabelle 57, S. 192                                             |
| Faktor Wert schwere Verletzungen/Leben, internationale Berechnung                                                                   | $fS_{SI}$  | 0,13        | European Conference of Ministers of Transport EMCT (1998) Tabelle 59, S. 194 |
| Faktor Wert Verletzungen allgemein/Leben, internationale Berechnung                                                                 | $fS_M$     | 0,03        | "                                                                            |
| Faktor Wert leichte Verletzungen/Leben internationale Berechnung                                                                    | $fS_{LI}$  | 0,01        | "                                                                            |
| Faktor Wert Schwerstverletzte/Leben nationale Berechnungsvorschrift                                                                 | $fS_{SSD}$ | 0,386       | (BASt, 2015), Baum et al. (2010), Tabelle 58, S. 194                         |



|                                                                                                                         |                    |        |                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------|-------------------------------------------------------------|
| Faktor Wert Schwerverletzte/Leben Deutschland                                                                           | $fS_{SD}$          | 0,01   | "                                                           |
| Faktor Wert Schwerverletzte/Leben Deutschland ohne Differenzierung in Schwer- und Schwerstverletzte                     | $fS_{SD2}$         | 0,103  | "                                                           |
| Faktor Wert Leichtverletzte/Leben Deutschland                                                                           | $fS_{LD}$          | 0,0042 | "                                                           |
| Mittlere Helmtragequote in Deutschland 2014, Variante 1                                                                 | qH0                | 17 %   | (Wandtner, 2015)                                            |
| Mittlere Helmtragequote in Deutschland 2014, Variante 2                                                                 | qH0                | 48,7 % | Ergebnis der eigenen Telefonbefragung, Abbildung 77, S. 126 |
| Mittlere Helmtragequote in Deutschland nach Einführung der Helmpflicht                                                  | qH1                | 82,5 % | "                                                           |
| Anteil der unter 10-Jährigen Fahrradfahrer an den Verletzten und Toten in VSL1-Äquivalenten (nationale Berechnung)      | $q_{VSL1\_00\_09}$ | 2,4 %  | Eigene Berechnungen                                         |
| Anteil der 10-19-Jährigen                                                                                               | $q_{VSL1\_10\_19}$ | 13,3 % | "                                                           |
| Anteil der 20-64-Jährigen                                                                                               | $q_{VSL1\_20\_64}$ | 57,8 % | "                                                           |
| Anteil der 65-79-Jährigen                                                                                               | $q_{VSL1\_65\_79}$ | 19,8 % | "                                                           |
| Anteil der 80-99-Jährigen                                                                                               | $q_{VSL1\_80\_99}$ | 6,7 %  | "                                                           |
| Anteil der unter 10-Jährigen Fahrradfahrer an den Verletzten und Toten in VSL2-Äquivalenten (internationale Berechnung) | $q_{VSL2\_00\_09}$ | 2,5 %  | Eigene Berechnungen                                         |
| Anteil der 10-19-Jährigen                                                                                               | $q_{VSL2\_10\_19}$ | 14,3 % | "                                                           |
| Anteil der 20-64-Jährigen                                                                                               | $q_{VSL2\_20\_64}$ | 58,8 % | "                                                           |
| Anteil der 65-79-Jährigen                                                                                               | $q_{VSL2\_65\_79}$ | 18,4 % | "                                                           |
| Anteil der 80-99-Jährigen                                                                                               | $q_{VSL2\_80\_99}$ | 5,9 %  | "                                                           |

*Tabelle 89: Parameter für die Berechnung der Kosten wegen reduzierter Gesundheitswirkung des Fahrradfahrens in Deutschland auf Grund einer Reduzierung des Fahrradfahrens wegen der Einführung einer obligatorischen Helmpflicht.*

| Variable                                                                                     | Variablenname    | Wert      | Quelle                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der aktiven Fahrradfahrer in Deutschland im Alter bis unter 10 Jahren vor Helmpflicht | $B_{f00\_09\_0}$ | 1.101.961 | Berechnung aus (MiD2008, 2010). Hochrechnung auf 2014 durch Multiplikation mit 1,1 |

|                                                                                             |                  |                                                                  |                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Anzahl der aktiven Fahrradfahrer in Deutschland im Alter zwischen 10 und 19 vor Helmpflicht | $B_{f10\_19\_0}$ | 2.161.998                                                        | "                                                             |
| Anzahl der aktiven Fahrradfahrer in Deutschland im Alter zwischen 20 und 64 vor Helmpflicht | $B_{f20\_64\_0}$ | 6.878.652                                                        | "                                                             |
| Anzahl der aktiven Fahrradfahrer in Deutschland im Alter zwischen 65 und 79 vor Helmpflicht | $B_{f65\_79\_0}$ | 1.602.502                                                        | "                                                             |
| Anzahl der aktiven Fahrradfahrer in Deutschland im Alter zwischen 80 und 99 vor Helmpflicht | $B_{f80\_99\_0}$ | 136.046                                                          | "                                                             |
| Bevölkerung in Deutschland im Alter bis unter 10                                            | $B_{00\_09\_0}$  | 6.955.000                                                        | (deStatis, 2015b)                                             |
| Bevölkerung in Deutschland im Alter zwischen 10 und 19                                      | $B_{10\_19\_0}$  | 7.692.000                                                        | "                                                             |
| Bevölkerung in Deutschland im Alter zwischen 20 und 64                                      | $B_{20\_64\_0}$  | 49.408.000                                                       | "                                                             |
| Bevölkerung in Deutschland im Alter zwischen 65 und 79                                      | $B_{65\_79\_0}$  | 12.566.000                                                       | "                                                             |
| Bevölkerung in Deutschland im Alter zwischen 80 und 99                                      | $B_{80\_99\_0}$  | 4.724.000                                                        | "                                                             |
| Sterblichkeitsrate in Deutschland, Bis-unter-10-Jährige                                     | $r_{m00\_09}$    | 9,4 pro 100.000 Einwohner                                        | (Gesundheitsberichterstattung des Bundes, 2015)               |
| Sterblichkeitsrate in Deutschland, 10-19-Jährige                                            | $r_{m10\_19}$    | 16 pro 100.000 Einwohner                                         | "                                                             |
| Sterblichkeitsrate in Deutschland, 20-64-Jährige                                            | $r_{m20\_64}$    | 265 pro 100.000 Einwohner                                        | "                                                             |
| Sterblichkeitsrate in Deutschland, 65-79-Jährige                                            | $r_{m65\_79}$    | 2178 pro 100.000 Einwohner                                       | "                                                             |
| Sterblichkeitsrate in Deutschland, 80-99-Jährige                                            | $r_{m80\_99}$    | 9697 pro 100.000 Einwohner                                       | "                                                             |
| Relatives Sterberisiko in Abhängigkeit der Dosis Fahrradfahren (in MET-h/Woche)             | $RR(FL)$         | $0,3 \cdot e^{-0,07 \cdot FL} + 0,7 \cdot e^{-0,00027 \cdot FL}$ | Eigener Fit nach Daten von (World Health Organization, 2014). |
| Relatives Sterberisiko in Abhängigkeit der                                                  | $RR_P(PL)$       | $0,064 \cdot e^{-0,218 \cdot PL} +$                              | Eigener Fit                                                   |

|                                                                                                           |                |                                                      |                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dosis Zufußgehen (in MET-h/Woche)                                                                         |                | $0,936 \cdot e^{-0,0076 \cdot PL} + 0,0036 \cdot PL$ | nach Daten von (World Health Organization, 2014).                                            |
| Mittelwert körperlicher Grundaktivität (ohne Transport)<br>$D_0$ in Deutschland der Bis-unter-10-Jährigen | $D_{0,1-9}$    | 10 MET-h/Woche                                       | "                                                                                            |
| $D_0$ der 10-19-Jährigen                                                                                  | $D_{0,10-19}$  | 10 MET-h/Woche                                       | "                                                                                            |
| $D_0$ der 20-64-Jährigen                                                                                  | $D_{0,20-64}$  | 8,3 MET-h/Woche                                      | "                                                                                            |
| $D_0$ der 65-79-Jährigen                                                                                  | $D_{0,65-79}$  | 7,4 MET-h/Woche                                      | "                                                                                            |
| $D_0$ der 80-99-Jährigen                                                                                  | $D_{0,79-99}$  | 6 MET-h/Woche                                        | "                                                                                            |
| Zusätzliche körperliche Aktivität<br>$D_{F0}$ der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer in Deutschland      | $D_{F0,1-9}$   | 8 MET-h/Woche                                        | Geschätzt aus (Froböse & Wallmann-Sperlich, DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“, 2016) |
| Zusätzliche körperliche Aktivität der 10-19-Jährigen                                                      | $D_{F0,10-19}$ | 8 MET-h/Woche                                        | "                                                                                            |
| Zusätzliche körperliche Aktivität der 20-64-Jährigen                                                      | $D_{F0,20-64}$ | 6 MET-h/Woche                                        | "                                                                                            |
| Zusätzliche körperliche Aktivität der 65-79-Jährigen                                                      | $D_{F0,65-79}$ | 6 MET-h/Woche                                        | "                                                                                            |
| Zusätzliche körperliche Aktivität der 80-99-Jährigen                                                      | $D_{F0,79-99}$ | 3 MET-h/Woche                                        | "                                                                                            |
| Ersatzaktivität der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer nach Reduzierung der Fahrradleistung              | $DS_{0,1-9}$   | 8 MET-h/Woche                                        | (Froböse & Wallmann-Sperlich, DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“, 2016)               |
| Ersatzaktivität der 10-19-Jährigen                                                                        | $DS_{0,10-19}$ | 8 MET-h/Woche                                        | "                                                                                            |
| Ersatzaktivität der 20-64-Jährigen                                                                        | $DS_{0,20-64}$ | 6 MET-h/Woche                                        | "                                                                                            |
| Ersatzaktivität der 65-79-Jährigen                                                                        | $DS_{0,65-79}$ | 6 MET-h/Woche                                        | "                                                                                            |
| Ersatzaktivität der 80-99-Jährigen                                                                        | $DS_{0,79-99}$ | 3 MET-h/Woche                                        | "                                                                                            |
| Anteil der Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht mit dem Fahrrad-                          | $r_A$          | 5,3 %                                                | Eigene Berechnungen Tabelle 38 (S. 124) Rückgang                                             |

| fahren aufhören                                                                                                                                                                       |                 |               | der Anzahl Anteil der Fahrradfahrer     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------------------------------|
| Anteil der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht mit dem Fahrradfahren aufhören                                                                  | $r_{A00\_09}$   | 0             | Eigene Berechnungen, Tabelle 41, S. 128 |
| Anteil der 10-19-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{A10\_19}$   | 0             | "                                       |
| Anteil der 20-64-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{A20\_64}$   | 5,2 %         | "                                       |
| Anteil der 65-79-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{A65\_79}$   | 11,3 %        | "                                       |
| Anteil der 80-99-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{A80\_99}$   | 11,3 %        | "                                       |
| Anteil der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht mit dem Fahrradfahren aufhören, dann aber dafür zu Fuß gehen                                    | $r_{AP00\_09}$  | 0             | "                                       |
| Anteil der 10-19-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{AP10\_19}$  | 0             | "                                       |
| Anteil der 20-64-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{AP20\_64}$  | 31,6 %        | "                                       |
| Anteil der 65-79-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{AP65\_79}$  | 67 %          | "                                       |
| Anteil der 80-99-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{AP80\_99}$  | 67 %          | "                                       |
| Anteil der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht das Fahrradfahren reduzieren                                                                    | $r_{R00\_09}$   | 21,8 %        | "                                       |
| Anteil der 10-19-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{R10\_19}$   | 21,8 %        | "                                       |
| Anteil der 20-64-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{R20\_64}$   | 6,9 %         | "                                       |
| Anteil der 65-79-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{R65\_79}$   | 5,7 %         | "                                       |
| Anteil der 80-99-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{R80\_99}$   | 5,7 %         | "                                       |
| Anteil der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht das Fahrradfahren reduzieren oder aufhören, dies aber in erheblichen Maße mit Sport ausgleichen | $r_{S00\_09}$   | 67 %          | "                                       |
| Anteil der 10-19-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{S10\_19}$   | 67 %          | "                                       |
| Anteil der 20-64-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{S20\_64}$   | 34 %          | "                                       |
| Anteil der 65-79-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{S65\_79}$   | 46 %          | "                                       |
| Anteil der 80-99-Jährigen                                                                                                                                                             | $r_{S80\_99}$   | 46 %          | "                                       |
| Median der metabolischen Reduzierung der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht das Fahrradfahren aufhören                                        | $MET_{A00\_09}$ | 0 MET-h/Woche | "                                       |

|                                                                                                                                                                      |                  |                  |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|---|
| der 10-19-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{A10\_19}$  | 0 MET-h/Woche    | " |
| der 20-64-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{A20\_64}$  | 10,5 MET-h/Woche | " |
| der 65-79-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{A65\_79}$  | 14,8 MET-h/Woche | " |
| der 80-99-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{A80\_99}$  | 14,8 MET-h/Woche | " |
| Median der metabolischen Reduzierung der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht das Fahrradfahren reduzieren                     | $MET_{R00\_09}$  | 9,4 MET-h/Woche  | " |
| der 10-19-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{R10\_19}$  | 9,4 MET-h/Woche  | " |
| der 20-64-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{R20\_64}$  | 6 MET-h/Woche    | " |
| der 65-79-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{R65\_79}$  | 2,2 MET-h/Woche  | " |
| der 80-99-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{R80\_99}$  | 2,2 MET-h/Woche  | " |
| Median der metabolischen Ersatzleistung durch Zufußgehen der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht das Fahrradfahren aufhören   | $MET_{AP00\_09}$ | 0 MET-h/Woche    | " |
| der 10-19-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{AP10\_19}$ | 0 MET-h/Woche    | " |
| der 20-64-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{AP20\_64}$ | 8,4 MET-h/Woche  | " |
| der 65-79-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{AP65\_79}$ | 13,5 MET-h/Woche | " |
| der 80-99-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{AP80\_99}$ | 13,5 MET-h/Woche | " |
| Median der metabolischen Ersatzleistung durch Zufußgehen der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht das Fahrradfahren reduzieren | $MET_{AP00\_09}$ | 3,8 MET-h/Woche  | " |
| der 10-19-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{RP10\_19}$ | 3,8 MET-h/Woche  | " |
| der 20-64-Jährigen                                                                                                                                                   | $MET_{RP20\_64}$ | 2 MET-           | " |

|                    |                  |                 |   |
|--------------------|------------------|-----------------|---|
|                    |                  | h/Woche         |   |
| der 65-79-Jährigen | $MET_{RP65\_79}$ | 2,2 MET-h/Woche | " |
| der 80-99-Jährigen | $MET_{RP80\_99}$ | 2,2 MET-h/Woche | " |

*Tabelle 90: Parameter für die Berechnung des Nutzens, der sich aus der Reduzierung des Fahrradfahrens wegen der Einführung einer obligatorischen Helmpflicht mit Übergang zu einem sicheren Verkehrsmittel ergibt.*

| Variable                                                                                    | Variablenname | Wert                    | Quelle                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| In Deutschland gefahrene Gesamtanzahl von Fahrradkilometern                                 | $W_f$         | 38,6x10 <sup>9</sup> km | (BMVI, Verkehr in Zahlen 2014/2015, 2014) korrigiert mit angenommener Steigerung von 10 % bis Jahr 2014.                            |
| In Deutschland gelaufene Gesamtanzahl von Fußgängerkilometern                               | $W_p$         | 35,3x10 <sup>9</sup> km | BMVI, Verkehr in Zahlen 2014/2015, 2014)                                                                                            |
| In Deutschland gefahrene Gesamtanzahl von Kilometern im motorisierten Individualverkehr     | $W_c$         | 916x10 <sup>9</sup> km  | BMVI, Verkehr in Zahlen 2014/2015, 2014), Fortschreitung auf das Jahr 2014                                                          |
| In Deutschland gefahrene Gesamtanzahl von Kilometern im öffentlichen Straßenpersonenverkehr | $W_b$         | 74x10 <sup>9</sup> km   | (BMVI, Verkehr in Zahlen 2014/2015, 2014) Fortschreitung auf das Jahr 2014                                                          |
| Unfälle mit Verletzten pro 1 Millionen Transportkilometer im ÖV                             | $r_b^u$       | 0,14                    | (ADAC, 2014)                                                                                                                        |
| Unfälle mit Verletzten pro 1 Millionen Transportkilometer im Auto                           | $r_c^u$       | 0,35                    | eigene Berechnungen aus (Statistisches Bundesamt, 2015c) und MiD 2008                                                               |
| Unfälle mit Verletzten pro 1 Mill. km als Fußgänger                                         | $r_p^u$       | 0,92                    | "                                                                                                                                   |
| Unfälle mit Verletzten pro 1 Mill. km als Fahrradfahrer                                     | $r_f^u$       | 2,35                    | "                                                                                                                                   |
| Unfälle mit Leichtverletzten pro 1 Millionen Transportkilometer im ÖV                       | $r_b^{uL}$    | 0,12                    | Geschätzt aus (ADAC, 2014)                                                                                                          |
| Unfälle mit Leichtverletzten pro 1 Millionen Transportkilometer im Auto                     | $r_c^{uL}$    | 0,3                     | eigene Berechnungen aus (Statistisches Bundesamt, 2015c), Transportkilometer aus (BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale |

|                                                                                                            |             |       |                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                            |             |       | Infrastruktur, 2014)                                                                                                                                     |
| Unfälle mit Leichtverletzten pro 1 Mill. km als Fußgänger                                                  | $r_p^{uL}$  | 0,77  | "                                                                                                                                                        |
| Unfälle mit Leichtverletzten pro 1 Mill. km als Fahrradfahrer                                              | $r_f^{uL}$  | 2,0   | eigene Berechnungen aus (Statistisches Bundesamt, 2015c), Transportkilometer aus (BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2014) |
| Unfälle mit Schwerverletzten pro 1 Millionen Transportkilometer im ÖV                                      | $r_b^{uS}$  | 0,018 | Geschätzt aus (ADAC, 2014) und Anteil Schwerverletzter an Gesamtverletzten, Statistisches Bundesamt 2015c für Busse                                      |
| Unfälle mit Schwerverletzten pro 1 Millionen Transportkilometer im Auto                                    | $r_c^{uS}$  | 0,055 | eigene Berechnungen aus (Statistisches Bundesamt, 2015c), Transportkilometer aus (BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2014) |
| Unfälle mit Schwerverletzten pro 1 Mill. km als Fußgänger                                                  | $r_p^{uS}$  | 0,24  | "                                                                                                                                                        |
| Unfälle mit Schwerverletzten pro 1 Mill. km als Fahrradfahrer                                              | $r_f^{uS}$  | 0,38  | eigene Berechnungen aus (Statistisches Bundesamt, 2015c), Transportkilometer aus (BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2014) |
| $\frac{r_b^{uL}}{r_f^{uL}}$ , Faktor Unfälle mit Leichtverletzten im ÖV im Vergleich zu Fahrradfahren      | $fr_b^{uL}$ | 0,06  | "                                                                                                                                                        |
| $\frac{r_c^{uL}}{r_f^{uL}}$ , Faktor Unfälle mit Leichtverletzten im Auto im Vergleich zu Fahrradfahren    | $fr_c^{uL}$ | 0,15  | "                                                                                                                                                        |
| $\frac{r_p^{uL}}{r_f^{uL}}$ , Faktor Unfälle mit leichtverletzten Fußgängern im Vergleich zu Fahrradfahren | $fr_p^{uL}$ | 0,39  | "                                                                                                                                                        |
| $\frac{r_b^u}{r_f^u}$ , Faktor Unfälle mit Verletzten im ÖV im Vergleich zu Fahrradfahren                  | $fr_b^u$    | 0,06  | "                                                                                                                                                        |
| $\frac{r_c^u}{r_f^u}$ , Faktor Unfälle mit Verletzten im Auto                                              | $fr_c^u$    | 0,11  | "                                                                                                                                                        |

|                                                                                                            |             |           |                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|------------------------------------------------------------------|
| im Vergleich zu Fahrradfahren                                                                              |             |           |                                                                  |
| $\frac{r_p^u}{r_f^u}$ , Faktor Unfälle mit verletzten Fußgängern im Vergleich zu Fahrradfahren             | $fr_p^u$    | 0,39      | "                                                                |
| $\frac{r_b^{us}}{r_f^{us}}$ , Faktor Unfälle mit Schwerverletzten im ÖV im Vergleich zu Fahrradfahren      | $fr_b^{us}$ | 0,047     | eigene Berechnung aus Daten oben                                 |
| $\frac{r_c^{us}}{r_f^{us}}$ , Faktor Unfälle mit Schwerverletzten im Auto im Vergleich zu Fahrradfahren    | $fr_c^{us}$ | 0,14      | "                                                                |
| $\frac{r_p^{us}}{r_f^{us}}$ , Faktor Unfälle mit schwerverletzten Fußgängern im Vergleich zu Fahrradfahren | $fr_p^{us}$ | 0,6       | "                                                                |
| Tote pro 100 Millionen Transportkilometer im ÖV                                                            | $r_b^g$     | 0,014     | "                                                                |
| Tote pro 100 Millionen Transportkilometer im Auto                                                          | $r_c^g$     | 0,173     | "                                                                |
| Tote pro 100 Millionen Transportkilometer als Fußgänger                                                    | $r_p^g$     | 1,56      | "                                                                |
| Tote pro 100 Millionen Transportkilometer als Fahrradfahrer                                                | $r_f^g$     | 1,0       | "                                                                |
| $\frac{r_b^g}{r_f^g}$ , Faktor Unfälle mit Toten im ÖV im Vergleich zu Fahrradfahren                       | $fr_b^g$    | 0,014     | "                                                                |
| $\frac{r_c^g}{r_f^g}$ , Faktor Unfälle mit Toten im Auto im Vergleich zu Fahrradfahren                     | $fr_c^g$    | 0,173     | "                                                                |
| $\frac{r_p^g}{r_f^g}$ , Faktor Unfälle mit Toten Fußgänger im Vergleich zu Fahrradfahren                   | $fr_p^g$    | 1,6       | "                                                                |
| Mittlere Geschwindigkeit ÖV                                                                                | $v_b$       | 27,1 km/h | (ADAC, 2010)                                                     |
| Mittlere Geschwindigkeit Fahrrad                                                                           | $v_f$       | 16,2 km/h | Eigene Berechnungen Kap. 4.1.6 (S. 120)                          |
| Mittlere Geschwindigkeit Fußgänger                                                                         | $v_p$       | 4,1 km/h  | (Streit, Chlond, Vortisch, Kagerbauer, Weiss, & Zumkeller, 2014) |
| Mittlere Geschwindigkeit Auto                                                                              | $v_c$       | 42,2 km/h | (ADAC, 2010)                                                     |
| Auf die Fahrradleistung (Zeit) bezogener Rückgang des Fahrradverkehrs nach Helmpflicht                     | $r^Z$       | 6,7 %     | Eigene Berechnungen Tabelle 40 (S. 127)                          |
| Rückgang der Fahrradleistung (Zeit) mit Wechsel auf motorisierten Individualver-                           | $r_c^Z$     | 4,0 %     | "                                                                |



|                                                                                                   |               |        |                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------|----------------------------------------------------------|
| kehr                                                                                              |               |        |                                                          |
| Rückgang der Fahrradleistung (Zeit) mit Wechsel auf ÖV                                            | $r_b^Z$       | 1,0 %  | "                                                        |
| Rückgang der Fahrradleistung (Zeit) mit Wechsel als Fußgänger                                     | $r_p^Z$       | 1,4 %  | "                                                        |
| Wegfall der Fahrradleistung (Zeit)                                                                | $r_0^Z$       | 0,34 % | "                                                        |
| Anteil der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer an den Leichtverletzten                            | $r_{LV00_09}$ | 3,1 %  | (Statistisches Bundesamt, 2015c) und eigene Berechnungen |
| Anteil der 10-19-Jährigen                                                                         | $r_{LV10_19}$ | 19,2 % | "                                                        |
| Anteil der 20-64-Jährigen                                                                         | $r_{LV20_64}$ | 62,5 % | "                                                        |
| Anteil der 65-79-Jährigen                                                                         | $r_{LV65_79}$ | 12,7 % | "                                                        |
| Anteil der 80-99-Jährigen                                                                         | $r_{LV80_99}$ | 2,5 %  | "                                                        |
| Anteil der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer an den Schwerverletzten (inkl. Schwerstverletzten) | $r_{SV00_09}$ | 2,4 %  | "                                                        |
| Anteil der 10-19-Jährigen                                                                         | $r_{SV10_19}$ | 12,7 % | "                                                        |
| Anteil der 20-64-Jährigen                                                                         | $r_{SV20_64}$ | 59,3 % | "                                                        |
| Anteil der 65-79-Jährigen                                                                         | $r_{SV65_79}$ | 19,6 % | "                                                        |
| Anteil der 80-99-Jährigen                                                                         | $r_{SV80_99}$ | 6 %    | "                                                        |
| Anteil der bis-unter-10-jährigen Fahrradfahrer an den Getöteten                                   | $r_{T00_09}$  | 1 %    | "                                                        |
| Anteil der 10-19-Jährigen                                                                         | $r_{T10_19}$  | 6,3 %  | "                                                        |
| Anteil der 20-64-Jährigen                                                                         | $r_{T20_64}$  | 35,6 % | "                                                        |
| Anteil der 65-79-Jährigen                                                                         | $r_{T65_79}$  | 36,1 % | "                                                        |
| Anteil der 80-99-Jährigen                                                                         | $r_{T80_99}$  | 21 %   | "                                                        |

*Tabelle 91: Parameter für die Berechnung der Umweltkosten, die sich aus der Reduzierung des Fahrradfahrens wegen der Einführung einer obligatorischen Helmpflicht mit Übergang zu einem Verkehrsmittel mit schlechterer Umweltbilanz ergibt.*

| Variable                               | Variablenname | Wert         | Quelle                                        |
|----------------------------------------|---------------|--------------|-----------------------------------------------|
| Umweltkosten Pkw pro Personenkilometer | $c_c$         | 3,5 Cent/km  | (Umweltbundesamt, 2014)                       |
| Umweltkosten ÖV pro Personenkilometer  | $c_b$         | 0,64 Cent/km | (Umweltbundesamt, 2014) und (Umweltbundesamt, |

|                                                                                                             |               |                          |                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                             |               |                          | 2016)                                                                                                    |
| In Deutschland gefahrene Gesamtanzahl von Fahrradkilometern                                                 | $W_f$         | 38.6x10 <sup>9</sup> km  | (BMVI, Verkehr in Zahlen 2014/2015, 2014) korrigiert mit angenommener Steigerung von 10 % bis Jahr 2014. |
| Auf Auto substituierte Fahrradkilometer bei Grundannahme für r und $r_c$ (Tabelle 90)                       | $W_c^S$       | 1,833x10 <sup>9</sup> km | Eigene Berechnungen                                                                                      |
| Auf ÖV substituierte Fahrradkilometer bei Grundannahme für r und $r_c$ (Tabelle 90)                         | $W_b^S$       | 0,388x10 <sup>9</sup> km | Eigene Berechnungen                                                                                      |
| Rückgang der Fahrradleistung (km) mit Wechsel auf motorisierten Individualverkehr                           | $r_c$         | 3,9 %                    | Eigene Berechnungen<br>Tabelle 40 (S. 127)                                                               |
| Rückgang der Fahrradleistung (km) mit Wechsel auf ÖV                                                        | $r_b$         | 1,1 %                    | "                                                                                                        |
| In Deutschland gefahrene Gesamtanzahl von Fahrradkilometern der Bis-unter-10-Jährigen in einem Jahr         | $W_{f00,09}$  | 1,76x10 <sup>9</sup> km  | (BMVI, Verkehr in Zahlen 2014/2015, 2014) korrigiert mit angenommener Steigerung von 10 % bis Jahr 2014. |
| der 10-19-Jährigen                                                                                          | $W_{f10,19}$  | 5,67x10 <sup>9</sup> km  | "                                                                                                        |
| der 20-64-Jährigen                                                                                          | $W_{f20,64}$  | 25,23x10 <sup>9</sup> km | "                                                                                                        |
| der 65-79-Jährigen                                                                                          | $W_{f65,79}$  | 5,54x10 <sup>9</sup> km  | "                                                                                                        |
| der 80-99-Jährigen                                                                                          | $W_{f80,99}$  | 0,27x10 <sup>9</sup> km  | "                                                                                                        |
| Rückgang der Fahrradleistung (km) der Bis-unter-10-Jährigen mit Wechsel auf motorisierten Individualverkehr | $r_{c,00,09}$ | 0                        | Eigene Berechnungen,<br>Ableitungen aus<br>Tabelle 40 (S. 127)                                           |
| der 10-19-Jährigen                                                                                          | $r_{c,10,19}$ | 2,9 %                    | "                                                                                                        |
| der 20-64-Jährigen                                                                                          | $r_{c,20,64}$ | 4,1 %                    | "                                                                                                        |
| der 65-79-Jährigen                                                                                          | $r_{c,65,79}$ | 3,1 %                    | "                                                                                                        |
| der 80-99-Jährigen                                                                                          | $r_{c,80,99}$ | 3,1 %                    | "                                                                                                        |
| Rückgang der Fahrradleistung (km) der Bis-unter-10-Jährigen mit Wechsel auf ÖV                              | $r_{b,00,09}$ | 6,5 %                    | Eigene Berechnungen,<br>Ableitungen aus<br>Tabelle 40 (S. 127)                                           |
| der 10-19-Jährigen                                                                                          | $r_{b,10,19}$ | 3,6 %                    | "                                                                                                        |
| der 20-64-Jährigen                                                                                          | $r_{b,20,64}$ | 0,67 %                   | "                                                                                                        |

|                    |                 |        |   |
|--------------------|-----------------|--------|---|
| der 65-79-Jährigen | $r_{b\_65\_79}$ | 0,02 % | " |
| der 80-99-Jährigen | $r_{b\_80\_99}$ | 0,02 % | " |

*Tabelle 92: Parameter für die Berechnung der Kosten zum Kauf des Fahrradhelmes*

| Variable                                                                                       | Variablenname    | Wert      | Quelle                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anteil der Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht mit dem Fahrradfahren aufhören | $r_A$            | 5,3 %     | Eigene Berechnungen<br>Tabelle 38 (S. 124)<br>Rückgang der Anzahl<br>Anteil der Fahrradfahrer |
| Anteil der Fahrradfahrer, die einen Helm besitzen                                              | $q_{HB}$         | 54 %      | Eigene Berechnungen<br>siehe Abbildung 45 (S. 105)                                            |
| Lebensdauer eines Helmes                                                                       | $l_H$            | 5 Jahre   | Geschätztes Minimum                                                                           |
| Kosten eines Helmes                                                                            | $C_H$            | 27,62 €   | Sieg (2014)                                                                                   |
| Anteil der Fahrradfahrer, die nach Einführung einer Helmpflicht einen Helm kaufen werden       | $q_{HR}$         | 28 %      | Eigene Berechnungen<br>(siehe Kapitel 4.7.3.2, S. 198)                                        |
| Anzahl der aktiven Fahrradfahrer in Deutschland im Alter bis unter 10 Jahren vor Helmpflicht   | $B_{f00\_09\_0}$ | 1.101.961 | Berechnung aus<br>(MiD2008, 2010). Hochrechnung auf 2014 durch Multiplikation mit 1,1         |
| Anzahl der aktiven Fahrradfahrer in Deutschland im Alter zwischen 10 und 19 vor Helmpflicht    | $B_{f10\_19\_0}$ | 2.161.998 | "                                                                                             |
| Anzahl der aktiven Fahrradfahrer in Deutschland im Alter zwischen 20 und 64 vor Helmpflicht    | $B_{f20\_64\_0}$ | 6.878.652 | "                                                                                             |
| Anzahl der aktiven Fahrradfahrer in Deutschland im Alter zwischen 65 und 79 vor Helmpflicht    | $B_{f65\_79\_0}$ | 1.602.502 | "                                                                                             |
| Anzahl der aktiven Fahrradfahrer in Deutschland im Alter zwischen 80 und 99 vor Helmpflicht    | $B_{f80\_99\_0}$ | 136.046   | "                                                                                             |