



© Pfaffenbichler

BikeRisk

Risiken des Radfahrens im Alltag

Verfasser: Paul Pfaffenbichler (Gesamtleitung)

Auftraggeber: BMLFUW
BMVIT

Projektkoordination:



Projektpartner:



Finanziert durch Mittel des Österreichischen Verkehrssicherheitsfonds.

Mit Unterstützung durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.



Impressum

Herausgeberin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency,
Mariahilfer Straße 136, A-1150 Wien; Tel. +43 (1) 586 15 24, Fax +43 (1) 586 15 24 - 340;
E-Mail: office@energyagency.at, Internet: <http://www.energyagency.at>

Für den Inhalt verantwortlich: Dr. Fritz Unterpertinger

Gesamtleitung: DI Dr. Paul Pfaffenbichler

Reviewing: Ing. Mag. Herbert Lechner, DI Dr. Günter Simader, Mag. Dr. Margaretha Bannert

Layout: DI Dr. Paul Pfaffenbichler

Herstellerin: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency

Verlagsort und Herstellungsort: Wien

Nachdruck nur auszugsweise und mit genauer Quellenangabe gestattet. Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Inhalt

KURZFASSUNG	I
ABSTRACT	I
ZUSAMMENFASSUNG	II
EXECUTIVE SUMMARY	IX
1 EINLEITUNG	1
2 GRUNDLAGEN	3
2.1 LEBENS- UND MOBILITÄTSSTILE.....	3
2.2 BERECHNUNG DER VERLORENEN BZW. GEWONNENEN LEBENSZEIT	11
2.3 SCHADSTOFFBELASTUNG	11
2.4 VERUNGLÜCKTEN- UND GETÖTETENRATEN.....	15
2.5 „SAFETY BY NUMBERS“	19
2.6 KÖRPERLICHE FITNESS	23
3 BILANZIERUNG DER RISIKO ERHÖHENDEN UND MINDERNDEN FAKTOREN DES RADFAHRENS	25
3.1 SZENARIO 1: KURZE WEGE.....	26
3.1.1 Szenario 1a.....	26
3.1.2 Szenario 1b.....	32
3.1.3 Szenario 1c.....	38
3.1.4 Szenario 1d.....	44
3.1.5 Szenario 1e.....	50
3.2 SZENARIO 2: LANGE WEGE	56
3.2.1 Szenario 2a.....	56
3.2.2 Szenario 2b.....	62
3.2.3 Szenario 2c.....	68
3.2.4 Szenario 2d.....	74
3.2.5 Szenario 2e.....	80
3.3 VERGLEICH DER SZENARIEN	86
3.4 VERGLEICH MIT DEN ERGEBNISSEN ANDERER QUELLEN.....	90
4 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	92
5 LITERATUR	94
6 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	96
7 TABELLENVERZEICHNIS	101
8 FORMELVERZEICHNIS	105

Anhang

- Endbericht StilMobil – Lebensstil-Mobilitäts-Matrix Österreich (HERRY Consult GmbH)
- Endbericht Risiken durch Verkehrsunfälle (KfV)
- Endbericht Schadstoffbelastung (Umweltbundesamt)

Kurzfassung

Ziel des Projekts BikeRisk war eine umfassende Inventarisierung und Bewertung der für das Risiko des Radfahrens im Alltag verantwortlichen Aspekte inkl. eines Vergleichs mit der Situation der Benutzer anderer Verkehrsmittel (Fußgeher, öffentlicher Verkehr, Pkw). Den Ausgangspunkt bildete dabei eine Analyse der Lebensstile und Mobilitätsmuster der österreichischen Bevölkerung. Darauf aufbauend wurden die durch Verkehrsunfälle und Schadstoffbelastung verursachten gesundheitlichen Risiken untersucht. Zur Bestimmung des Unfallrisikos wurden die Daten der Verkehrsunfallstatistik und der Verletzungsursachenstatistik (Injury Database – IDB) ausgewertet. Zur Ermittlung der Risiken durch die Schadstoffbelastung wurden einerseits eine Literaturstudie und andererseits Messungen mit einem mobilen Feinstaubmessgerät durchgeführt. Abschließend wurden die Ergebnisse zusammengeführt und die gesundheitlichen Auswirkungen gemeinsam mit den Ergebnissen des Projekts „Gesundheitlicher Nutzen des Radfahrens als Transportmittel“ bilanziert, indem für verschiedene Szenarien die gewonnenen bzw. verlorenen Lebensjahre berechnet wurden. Es zeigt sich, dass die gesundheitlich positiven Effekte unter nahezu allen denkbaren Rahmenbedingungen überwiegen.

Abstract

The principle objective of the project BikeRisk was to carry out a comprehensive study of the risks associated with everyday cycling including a comparison with other modes of transport (walking, public transport, private car). The starting point was the analysis of lifestyles and mobility patterns of the Austrian population. The next step was to investigate the health risks related to traffic accidents and air pollution. The accident risks were determined based on the analysis of the official Austrian traffic accident statistics and the Austrian Injury Database (IDB). The health risks due to air pollution were ascertained by means of a literature review and measurements using a portable aerosol monitor. Finally the results were brought together with the results of the project “Health Benefits of Cycling for Transport”. For different scenarios a balance of the positive and negative effects health effects was created based on gained and lost life time. The analysis shows that the positive effects dominate under nearly all conceivable circumstances.

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts BikeRisk (Risiken des Radfahrens im Alltag) wurden die gesundheitlich negativen Aspekte des Radfahrens im Alltag detailliert untersucht. Den Ausgangspunkt bildete dabei eine unter der Federführung des Büros Herry Consult GmbH durchgeführte Analyse vorhandener Daten aus aktuellen Mobilitätsbefragungen aus Vorarlberg und Niederösterreich (Amt der NÖ Landesregierung and NÖ Landesakademie, 2009; Herry et al., 2009; Herry et al., 2010). Mit Hilfe einer Clusteranalyse wurden acht Lebens- und Mobilitätsstile definiert: Jugend-Community, Bildungs- und Karrierehungrige, Ernährer, Familienmanagerinnen¹, Arbeits- und Erlebnisorientierte, Gleichberechtigte Familienpartner, PKW-Senioren und Umweltverbund-Senioren. Mit Hilfe verschiedener Struktur- und Mobilitätsdaten wurden die Ergebnisse der Clusteranalyse der Daten aus Niederösterreich und Vorarlberg auf Gesamtösterreich hochgerechnet. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse für den Anteil der verschiedenen Verkehrsmittel an den täglichen Wegen nach Lebens- und Mobilitätsstil. Tabelle 1 zeigt die jährliche durchschnittliche Verkehrsleistung pro Person nach Verkehrsmittel und Lebens- und Mobilitätsstil.

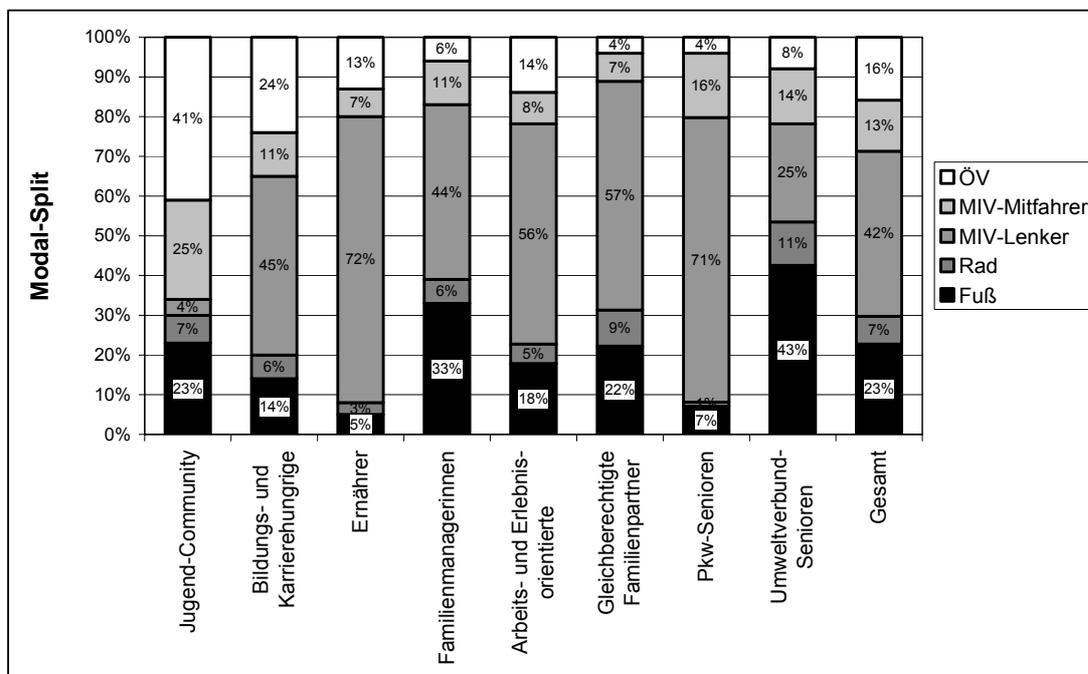


Abbildung 1: Anteil an den täglichen Wegen nach Lebens- und Mobilitätsstil; Quelle: (Herry et al., 2010)

¹ Es wurde hier bewusst kein Binnen i verwendet, da 9 von 10 Personen dieser Gruppe Frauen sind.

Tabelle 1: Verkehrsleistung nach Verkehrsmittel und Lebens- und Mobilitätsstil (km/Pers*a)

Lebensstil-Mobilitäts-Gruppe	Jugend-Community	Bildungs- und Karrierehungerige	Ernährer	Familienmanagerinnen	Arbeits- und Erlebnis-orientierte	Gleichberechtigte Familienpartner	Pkw-Senioren	Umweltverbund-Senioren	Gesamt
Fuß	410	232	91	588	399	416	101	673	384
Rad	200	209	154	135	151	249	12	333	212
MIV-Lenker	489	7.340	13.644	4.809	8.919	5.315	6.594	1.540	5.569
MIV-Mitfahrer	2.435	2.359	2.216	1.673	1.379	926	2.350	1.593	1.832
ÖV	7.793	8.068	5.491	1.647	6.322	1.255	726	1.620	4.326

Quelle: (Herry et al., 2010)

Unter der Leitung des Kuratoriums für Verkehrssicherheit wurde eine detaillierte Analyse des Unfallgeschehens in Österreich durchgeführt (Hildebrandt et al., 2011). Neben den Daten über die polizeilich gemeldeten Unfälle mit Personenschaden aus der Verkehrsunfallstatistik wurden auch die Daten aus der Injury Database (IDB Austria) in die Analyse mit einbezogen. Es wurde damit versucht, die Größenordnung der vermuteten hohen Dunkelziffer vor allem bei Fahrradalleinunfällen zu bestimmen. Ein besonderes Augenmerk bei der Analyse galt weiters den Themen Helmtragen und Alkoholunfälle. Mit Hilfe der aus den hochgerechneten Daten der Mobilitätsbefragungen ermittelten Fahrleistungen wurde eine Risikoanalyse durchgeführt, d.h. es wurden die Verunglückten- und Getötetenraten bzw. die Verunglückten- und Getötetenzeitraten für verschiedene Verkehrsmittel und Altersgruppen berechnet (siehe Tabelle 2 und Tabelle 3).

Tabelle 2: Verunglücktenzeitrate pro 100.000 Stunden Verkehrsbeteiligungsdauer nach Verkehrsbeteiligung und Altersklasse, Durchschnitt 2005 – 2009, Quellen:
Verunglücktenzahlen: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria;
Mobilitätszahlen: (Herry et al., 2010)

Verkehrsteilnahme	Verunglücktenzeitrate nach Verkehrsmittel und Altersklassen pro 100.000 Stunden Verkehrsbeteiligungsdauer Durchschnitt 2005 - 2009						
	6 bis 14 Jahre	15 bis 24 Jahre	25 bis 34 Jahre	35 bis 49 Jahre	50 bis 64 Jahre	65 und älter	Total
Fußgänger	0,77	1,45	0,41	0,50	0,41	0,53	0,57
Radfahrer	4,12	8,65	4,47	3,59	3,24	3,81	4,01
MIV-Lenker	0,55	11,48	2,86	1,89	1,42	1,30	2,69
MIV-Mitfahrer	1,82	7,24	5,24	2,16	1,61	1,06	2,74
ÖV Fahrgast	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	0,05
Total	0,76	2,76	1,80	1,28	0,98	0,91	1,45

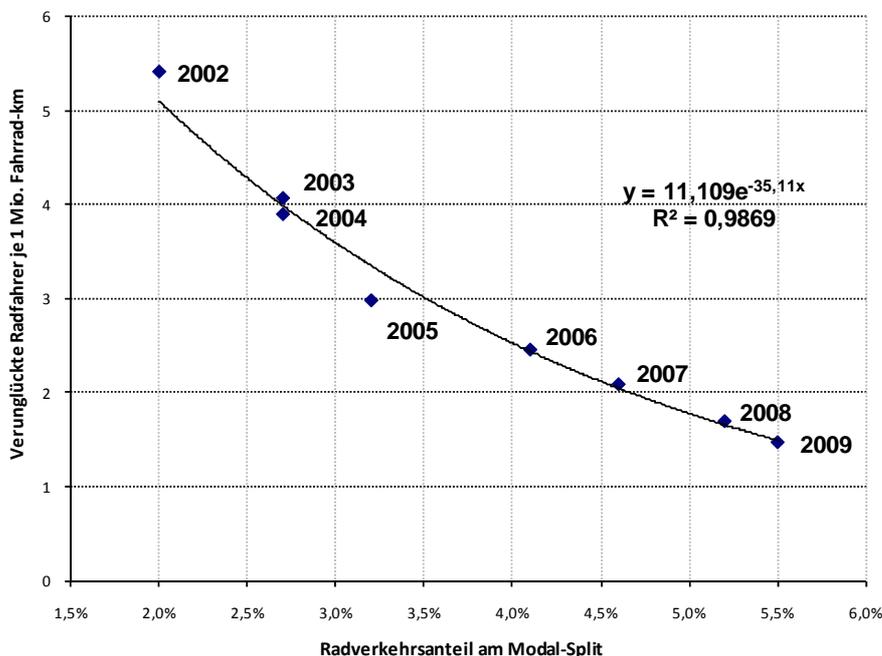
Tabelle 3: Getötetenzeirrate pro 10 Mio. Stunden Verkehrsbeteiligungsdauer nach Verkehrsmittel und Altersklasse, Durchschnitt 2005 – 2009, Quellen: Verunglücktenzahlen: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobilitätszahlen: (Herry et al., 2010)

Modal-Split	Getötetenzeirrate nach Verkehrsmittel und Altersklassen pro 10 Mio. Stunden Verkehrsbeteiligungsdauer Durchschnitt 2005 - 2009						
	6 bis 14 Jahre	15 bis 24 Jahre	25 bis 34 Jahre	35 bis 49 Jahre	50 bis 64 Jahre	65 und älter	Total
Fußgänger	0,42	2,73	0,59	0,95	0,98	2,86	1,44
Radfahrer	0,81	3,88	1,63	2,03	3,39	8,26	3,38
MIV-Lenker	0,00	11,63	3,22	2,49	2,62	4,45	3,65
MIV-Mitfahrer	0,91	6,24	5,51	2,08	1,79	2,46	2,75
ÖV Fahrgast	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	0,02
Total	0,32	2,74	1,92	1,56	1,60	3,09	1,91

Von den Lebens- und Mobilitätsstilgruppen weisen die Ernährer die höchste Wahrscheinlichkeit auf, im Verkehr zu verunglücken oder getötet zu werden. Verantwortlich für das hohe Risiko sind überdurchschnittlich viele und lange Wege mit dem Pkw. Die geringste Wahrscheinlichkeit, im Verkehr zu verunglücken, weist die Jugend-Community auf. Zurückzuführen ist das niedrige Risiko auf unterdurchschnittlich viele Pkw-Wege und überdurchschnittlich viele ÖV-Wege. Das Risiko der Ernährer, im Verkehr zu verunglücken, ist etwas mehr als doppelt so hoch wie jenes der Jugend-Community. Das Risiko der Ernährer, im Verkehr getötet zu werden, ist sogar mehr als dreimal so hoch wie jenes der Jugend-Community.

Eine Literaturstudie und die Auswertung vorhandener Daten haben weiters gezeigt, dass steigende Radnutzung zu einer Senkung des Unfallrisikos für Radfahrer führt („Safety by Numbers“). Die Förderung des Radfahrens im Alltag führt also zumindest längerfristig zu einer Reduktion des Unfallrisikos (Abbildung 2).

**Zusammenhang zwischen Verunglücktenrate und
Radverkehrsanteil
am Beispiel der Stadt Wien
2002 - 2009**



Quelle: (Socialdata, 2010; Stadt Wien, 2008), eigene Darstellung

Abbildung 2: Gegenüberstellung der Verunglücktenrate und Radverkehrsanteile in Wien, 2002 – 2009

Unter der Leitung des Umweltbundesamtes wurde eine Literaturstudie zum Thema Schadstoffbelastung im Verkehr durchgeführt (Ibesich, 2011). Darauf aufbauend wurden mit einem vom Umweltbundesamt angeschafften mobilen Feinstaubmessgerät die Belastungen auf Wegen mit Fahrrad, öffentlichem Verkehr, Moped und Pkw gemessen. Für innerstädtische Fahrradfahrten wurde eine mittlere PM_{2,5} Konzentration von 31,3 µg/m³ bei einer durchschnittlichen Hintergrundbelastung im Jahr 2010 in Wien von 22 µg/m³ gemessen. Der gemessene Wert liegt innerhalb der in der Literatur gefundenen Messwerte von 28–72 µg/m³ (Adams et al., 2001; Boogard et al., 2009; Kaur et al., 2005; Zuurbier et al., 2010) nach (de Hartog et al., 2010). In der Auswertung wurden sowohl Vergleiche zwischen den Verkehrsmitteln als auch zwischen verkehrsberuhigten und stark belasteten Routen durchgeführt. Aufgrund der geringen Zahl der Messungen im öffentlichen Verkehr und in Pkws ist der direkte Vergleich allerdings nur eingeschränkt aussagekräftig. Die durchgeführten Messungen zeigen, dass die PM_{2,5}-Konzentration auf verkehrsberuhigten Routen statistisch signifikant niedriger ist als auf stark befahrenen Routen. Die gemessenen Unterschiede in der PM_{2,5}-Konzentration bewegen sich dabei im Bereich von rund -10 % bis zu rund -30 %. Mit Hilfe gemessener Daten über die Herzfrequenz und Daten aus der Literatur wurde auf den Atmungsumfang und die eingeatmete PM_{2,5}-Dosis rückgeschlossen. Die eingeatmete Dosis beim Radfahren beträgt je nach Szenario 3,2 µg/km bis 6,7 µg/km. Bei einer Pkw-Fahrt beträgt die eingeatmete PM_{2,5}-Dosis je nach Szenario 0,5 µg/km bis 0,8 µg/km.

Es muss festgehalten werden, dass die mobilen Feinstaubmessungen aufgrund der relativ geringen Anzahl der durchgeführten Messungen (vor allem im MIV und ÖV) nur einen stichprobenartigen Charakter haben. Um die Aussagekraft zu erhöhen, sind weitere umfangreichere Messfahrten zu empfehlen.

Die Arbeiten des Projekts BikeRisk wurden in enger Abstimmung und Kooperation mit dem vom Fonds Gesundes Österreich geförderten Projekt „Gesundheitlicher Nutzen des Radfahrens als Transportmittel“ durchgeführt (Oja et al., 2010). Da im Projekt BikeRisk die gesundheitlich positiven Effekte des Radfahrens nicht untersucht wurden, wurde für die abschließende Bilanzierung der gesundheitlich positiven und negativen Effekte des Radfahrens auf die Ergebnisse dieser Studie zurückgegriffen. Die Bilanzierung erfolgte mit Hilfe der Berechnung der gewonnenen bzw. verlorenen Lebenszeit. Dazu wurde für eine Änderung des Verkehrsverhaltens der ausgewählten Altersgruppen das relative Risiko durch die daraus resultierende Änderung der Schadstoffbelastung, des Unfallrisikos und der körperlichen Fitness berechnet. Insgesamt wurden zehn verschiedene Szenarien eines Umstiegs vom Pkw-Fahren auf Fahrradfahren untersucht. Neben der täglich zurückgelegten Entfernung wurden dabei Annahmen über die Entwicklung der Unfallraten, die gewählten Routen und die Toxizität der Schadstoffbelastung im Verkehrsraum im Vergleich zur Hintergrundbelastung variiert. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit nach Szenario

Nr.	Entfernung	Individuell/ Kollektiv ^{a)}	Schadstoff- konzentration ^{b)}	Toxizität ^{c)}	Schadstoff- belastung	Unfälle	Physische Fitness	Gesamt
1a	7,5 km/d	Individuell	hoch	5-fach	-3,2 Monate	-1 Wochen	12,2 Monate	8,7 Monate
1b	7,5 km/d	Kollektiv	hoch	5-fach	-3,2 Monate	-0,7 Wochen	12,2 Monate	8,8 Monate
1c	7,5 km/d	Individuell	niedrig	5-fach	-2,5 Monate	-1 Wochen	12,2 Monate	9,4 Monate
1d	7,5 km/d	Individuell	hoch	1-fach	-0,6 Monate	-1 Wochen	12,2 Monate	11,3 Monate
1e	7,5 km/d	Kollektiv	niedrig	1-fach	-0,5 Monate	-0,7 Wochen	12,2 Monate	11,5 Monate
2a	15 km/d	Individuell	hoch	5-fach	-6,6 Monate	-2,1 Wochen	12,5 Monate	5,3 Monate
2b	15 km/d	Kollektiv	hoch	5-fach	-6,6 Monate	-1,3 Wochen	12,5 Monate	5,5 Monate
2c	15 km/d	Individuell	niedrig	5-fach	-5,1 Monate	-2,1 Wochen	12,5 Monate	6,8 Monate
2d	15 km/d	Individuell	hoch	1-fach	-1,2 Monate	-2,1 Wochen	12,5 Monate	10,7 Monate
2e	15 km/d	Kollektiv	niedrig	1-fach	-1 Monate	-1,3 Wochen	12,5 Monate	11,1 Monate

a) *Individuell* = Änderung des Verhaltens eines einzelnen Verkehrsteilnehmers, Fahrrad-km pro Person und Tag bleiben gleich, kein „Safety by Numbers“-Effekt, Unfallraten bleiben gleich; *Kollektiv* = Änderung des Verhaltens des gesamten Kollektivs, Fahrrad-km pro Person und Tag erhöhen sich entsprechend den Annahmen, „Safety by Numbers“-Effekt reduziert die Unfallraten.

b) *hoch* = die Fahrradfahrer nutzen das allgemeine Straßennetz, das Verhältnis der PM2.5-Konzentration² Fahrrad zu Pkw beträgt 0,87; *niedrig* = die Fahrradfahrer nutzen vorwiegend das verkehrsberuhigte Straßennetz, das Verhältnis der PM2.5-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt 0,74 (der Effekt von Umwegen ist darin schon berücksichtigt).

c) *1-fach* = PM2.5 im Verkehrsraum hat gleiche Toxizität wie PM2.5 der Hintergrundbelastung; *5-fach* = PM2.5 im Verkehrsraum hat die fünffache Toxizität wie PM2.5 der Hintergrundbelastung.

Je nach Szenario verkürzt die Schadstoffbelastung die Lebenszeit um ein halbes Monat bis zu knapp sieben Monaten. Durch Unfälle verkürzt sich die Lebenszeit je nach Szenario um 0,7 bis 2,1 Wochen. Dem steht je nach Szenario eine gewonnene Lebenszeit von 12,2 bis 12,5 Monaten gegenüber. Generell können die Ergebnisse wie folgt zusammengefasst werden: Die positiven Effekte der durch das Radfahren verbesserten körperlichen Fitness

² PM2.5 („Feinstaub“) ist ein komplexes, heterogenes Gemisch aus festen und flüssigen Teilchen, die sich hinsichtlich ihrer Größe, Form, Farbe, chemischen Zusammensetzung, physikalischen Eigenschaften und ihrer Herkunft bzw. Entstehung unterscheiden. Üblicherweise wird die Staubbelastung anhand der Masse verschiedener Größendiskontinuitäten beschrieben. PM2.5 bezeichnet die Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist. Feinstaub ist kein genommener Begriff. In der Literatur werden mitunter sowohl PM10 als auch PM2.5 als Feinstaub bezeichnet. Ibesich, N. (2011). "Projekt Risiken des Radfahrens im Alltag (BikeRisk), Arbeitspaket: Risiken durch Schadstoffe - Endbericht." KfV Sicherheit Service GmbH, Bereich Präventionsberatung, Im Auftrag des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie/Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie/Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

wiegen für eine durchschnittliche Person unter fast allen denkbaren Umständen die Risiken durch eine erhöhte Schadstoffbelastung und ein erhöhtes Unfallrisiko auf. Die Förderung des Radfahrens im Alltag ist daher nicht nur aus verkehrsplanerischer, sondern auch aus gesundheitspolitischer Sicht zu empfehlen. Nichtsdestotrotz existiert ein signifikantes Potential zur Senkung des bestehenden Risikos des Radfahrens. Wie die durchgeführten Feinstaubmessungen gezeigt haben, liegt die Belastung in verkehrsberuhigten Straßen signifikant unter jener in stark befahrenen Straßen. Umwege können den Effekt der niedrigeren Schadstoffkonzentration durch die längere Exposition aber wieder ausgleichen oder sogar umkehren. Es muss daher die Aufgabe der Verkehrsplanung sein, möglichst viele verkehrsberuhigte, direkte Radverbindungen ohne Zwang zu Umwegen zur Verfügung zu stellen.

Executive Summary

A detailed analysis of cycling related factors with a negative health impact was carried out within the framework of the project BikeRisk (Risk of Everyday Cycling). The starting point was the analysis of lifestyles and mobility patterns of the Austrian population. This task was lead by the Austrian consultancy Herry Consult GmbH. The analysed data stem from recent travel surveys carried out in the Austrian provinces of Vorarlberg and Lower Austria (Amt der NÖ Landesregierung and NÖ Landesakademie, 2009; Herry et al., 2009; Herry et al., 2010). A cluster analysis was carried out in order to identify homogenous life style and mobility groups. The analysis resulted in the following eight groups: Youth-Community, Education and Career Sensitive, Bread-earner, Family Manager, Work and Leisure Oriented, Emancipated Family Partners, Car Oriented Senior Citizens and Public Transport Oriented Senior Citizens. With the help of different structural and mobility data, the results of this cluster analysis were extrapolated to the national Austrian level. Figure 1 shows the results for the modal share of daily trips by life style and mobility groups. Table 1 shows the yearly distance travelled per person by mode of transport and life style and mobility group.

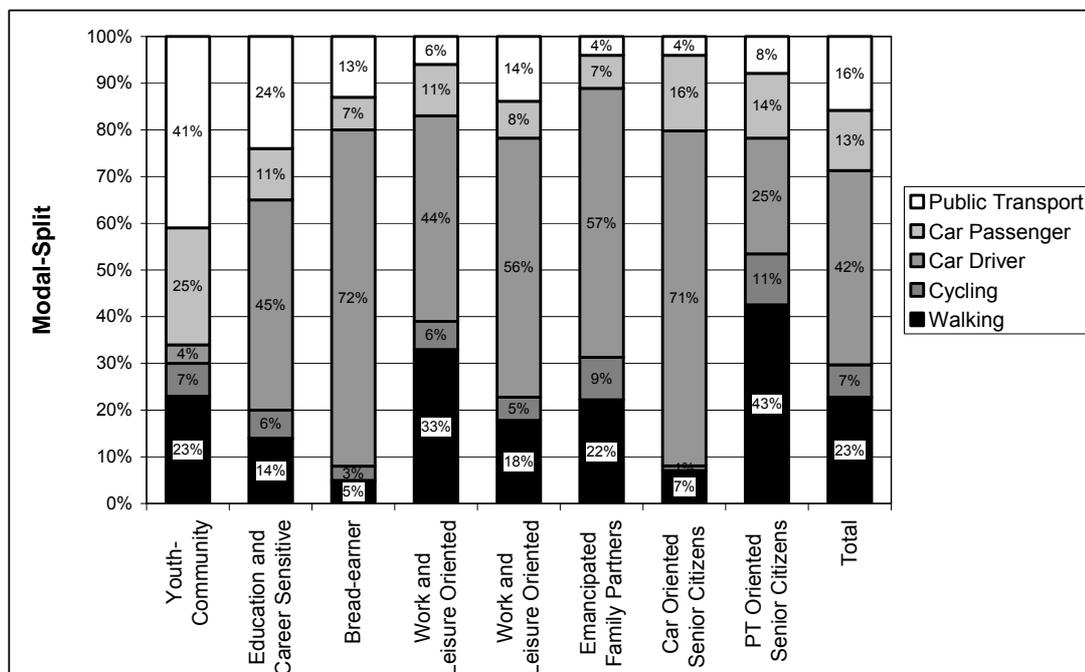


Figure 1: Modal share of daily trips by life style and mobility groups; Source: (Herry et al., 2010)

Table 1: Distance traveled by mode of transport and life style and mobility groups
(km/pers*a)

Life style and mobility groups	Youth-Community	Education and Career Sensitive	Bread-earner	Family Manager	Work and Leisure Oriented	Emancipated Family Partners	Car Oriented Senior Citizens	Public Transport Oriented Senior Citizens	Total
Walking	410	232	91	588	399	416	101	673	384
Cycling	200	209	154	135	151	249	12	333	212
Car Driver	489	7.340	13.644	4.809	8.919	5.315	6.594	1.540	5.569
Car Passenger	2.435	2.359	2.216	1.673	1.379	926	2.350	1.593	1.832
Public Transport	7.793	8.068	5.491	1.647	6.322	1.255	726	1.620	4.326

Source: (Herry et al., 2010)

A detailed analysis of road accidents in Austria was carried out under the lead of the Austrian Road Safety Board (Hildebrandt et al., 2011). Data from the Austrian road accident statistics and the Austrian Injury Database (IDB) have been utilised in this analysis. The aim of the inclusion of data from the IDB was to estimate the number of unreported bicycle accidents. Furthermore special analysis concerning the topics bicycle helmets and accidents under the influence of alcohol were carried out. The extrapolated distances travelled by mode from the analysis of the mobility surveys were used to carry out a risk analysis calculating casualty and death rates and casualty and death time rates by mode (see Table 2 and Table 3).

Table 2: Casualty time rates per 100,000 hours travelled by mode of transport and age group, average 2005 - 2009; Sources: Number of casualties: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobility data: (Herry et al., 2010)

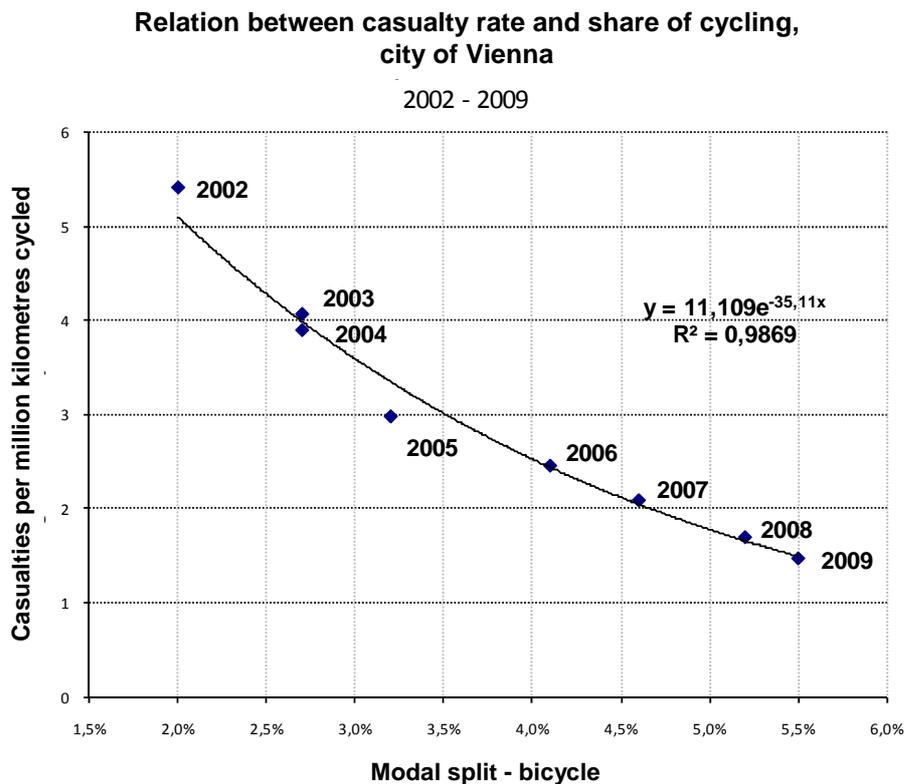
Mode of transport	Casualty rates per 100,000 hours travelled by mode of transport and age group						
	Average 2005 - 2009						
	6 to 14 Years	15 to 24 Years	25 to 34 Years	35 to 49 Years	50 to 64 Years	65 and older	Total
Walking	0.77	1.45	0.41	0.50	0.41	0.53	0.57
Cycling	4.12	8.65	4.47	3.59	3.24	3.81	4.01
Car Driver	0.55	11.48	2.86	1.89	1.42	1.30	2.69
Car Passenger	1.82	7.24	5.24	2.16	1.61	1.06	2.74
Public Transport	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.05
Total	0.76	2.76	1.80	1.28	0.98	0.91	1.45

Table 3: Death time rates per 10 million hours travelled by mode of transport and age group, average 2005 - 2009; Sources: Number of deaths: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobility data: (Herry et al., 2010)

Mode of transport	Death time rates per 10 million hours travelled by mode of transport and age group						
	Average 2005 - 2009						
	6 to 14 Years	15 to 24 Years	25 to 34 Years	35 to 49 Years	50 to 64 Years	65 and older	Total
Walking	0.42	2.73	0.59	0.95	0.98	2.86	1.44
Cycling	0.81	3.88	1.63	2.03	3.39	8.26	3.38
Car Driver	0.00	11.63	3.22	2.49	2.62	4.45	3.65
Car Passenger	0.91	6.24	5.51	2.08	1.79	2.46	2.75
Public Transport	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.02
Total	0.32	2.74	1.92	1.56	1.60	3.09	1.91

Bread-Earners are the life style and mobility group with the highest probability to get injured or be killed in a traffic accident. The high risk is caused by an above average number of car trips and an above average distance travelled by car. The Youth-Community is the life style and mobility group with the lowest probability to get injured or be killed in a traffic accident. The low risk is caused by an above average number of public transport trips in combination with a below average number of car trips. The risk of Bread-Earners to get injured in a traffic accidents is about twice as high as for the Youth-Community. The risk of Bread-Earners to get killed in a traffic accidents is more than three times higher than for the Youth-Community.

A literature review and the analysis of available data has shown that the accident risk of cyclists is decreasing with increasing shares of cycling ("Safety by Numbers"). I.e. the promotion of cycling for everyday's purposes in the long run decreases the accident risk (Figure 2).



Source: (Socialdata, 2010; Stadt Wien, 2008), own elaboration

Figure 2: Relation between casualty rate and shar of cycling in Vienna, 2002-2009

A literature review about air pollution and pollutant intake in transport environments was carried out lead by the Environment Agency Austria (Ibesich, 2011). Based on the results of the literature review measurements of particulate matter concentration on trips by bicycle, public transport and car were carried out using a portable aerosol monitor. The average PM2.5 concentration for inner city bicycle trips was measured with 31.3 µg/m³. The average Viennese background concentration in 2010 was 22 µg/m³. This value is situated within the range of 28-72 µg/m³ reported in the available literature (Adams et al., 2001; Boogard et al., 2009; Kaur et al., 2005; Zuurbier et al., 2010) from (de Hartog et al., 2010). The analysis of the measurement data included as well comparisons between different modes of transport as comparisons between traffic calmed routes with routes with high traffic volumes. Although the explanatory power of the cross mode comparison is limited due to the low number of observations of the modes public transport and car. The comparison of routes with different car traffic volumes shows that the PM2.5 concentration is statistically significantly lower on traffic called routes. The measured difference lies in the range of -10 % to -30 %. Measured heart rate data and data from the literature were used to estimate minute ventilation and inhaled doses. The inhaled doses for cycling varies between 3.2 µg/km and 6.7 µg/km depending on the scenario. The inhaled doses during a car trip varies between 0.5 µg/km and 0.8 µg/km.

Nevertheless it has to mentioned that the measurement of the particulate matter concentra- tion was based on a relatively small number of observations (this is especially true for the

modes public transport and car). In order to improve the explanatory power it seems recommendable to carry out more widespread measurements.

The work of the project BikeRisk was carried out in close coordination with the project "Health Benefits of Cycling for Transport"³ which was funded by the Austrian Health Fund⁴ (Oja et al., 2010). Positive health effects were not analysed explicitly in BikeRisk. Hence the results of the project "Health Benefits of Cycling for Transport" were used as the basis to balance positive and negative health effects. The balance is based on the calculation of gained and lost life time. The first step is to calculate the relative risk of changes in exposure to pollutants, accident risk and physical fitness caused by changes in mobility behaviour by age group. A total of ten different scenarios was investigated. The main component of the scenarios is a change from car driving to cycling. The scenarios were composed by variations in daily distance travelled, accident rates, chosen routes and toxicity of pollutants in the traffic environment.

³ Own translation, original in German: „Gesundheitlicher Nutzen des Radfahrens als Transportmittel“

⁴ Own translation, original in German: Fonds Gesundes Österreich (FGÖ).

Table 4: Summary of the results of the calculation of gained and lost life time

No.	Distance	Individual / Collective ^{a)}	Pollutant con- centration ^{b)}	Toxicity ^{c)}	Exposure to pollutants	Accidents	Physical Fitness	Total
1a	7,5 km/d	Individual	high	5 x	-3,2 Months	-1 Weeks	12,2 Months	8,7 Months
1b	7,5 km/d	Collective	high	5 x	-3,2 Months	-0,7 Weeks	12,2 Months	8,8 Months
1c	7,5 km/d	Individual	low	5 x	-2,5 Months	-1 Weeks	12,2 Months	9,4 Months
1d	7,5 km/d	Individual	high	1 x	-0,6 Months	-1 Weeks	12,2 Months	11,3 Months
1e	7,5 km/d	Collective	low	1 x	-0,5 Months	-0,7 Weeks	12,2 Months	11,5 Months
2a	15 km/d	Individual	high	5 x	-6,6 Months	-2,1 Weeks	12,5 Months	5,3 Months
2b	15 km/d	Collective	high	5 x	-6,6 Months	-1,3 Weeks	12,5 Months	5,5 Months
2c	15 km/d	Individual	low	5 x	-5,1 Months	-2,1 Weeks	12,5 Months	6,8 Months
2d	15 km/d	Individual	high	1 x	-1,2 Months	-2,1 Weeks	12,5 Months	10,7 Months
2e	15 km/d	Collective	low	1 x	-1 Months	-1,3 Weeks	12,5 Months	11,1 Months

a) *Individual* = Behaviour change of a single person, overall bicycle-km per person and day stay constant, no „Safety by Numbers“-effect, accident rates do not change; *Collective* = Behaviour a change of the whole collective, bicycle-km per person and day increase, „Safety by Numbers“-effect reduces accident rates.

b) *high* = Cyclists use the general road network, the ratio of the PM2.5-concentration bicycle to car is **!Syntaxfehler, .**; *low* = Cyclists are using mainly traffic calmed routes, the ratio of the PM2.5-concentration bicycle to car is **!Syntaxfehler, .** (a detour effect is considered in this value).

c) *1 x* = PM2.5 from traffic has the same toxicity as the PM2.5 background concentration; *5-fach* = PM2.5 from traffic has a five times higher toxicity than the PM2.5 background concentration.

Depending on the scenario PM2.5 exposure reduces the life time by about half a month up to seven months. Accidents reduce the life time by about 0.7 to 2.1 weeks. The life time gained due to improved physical fitness ranges from 12.2 months to 12.5 months. Generally the results can be summarised as follows: the positive effects of improved physical fitness outweigh the negative effects of pollutant exposure and accidents under nearly all thinkable circumstances. Hence the promotion of cycling cannot only be recommended from a transport planning perspective but also from the perspective of health care policies. nevertheless there still exists potential to reduce the risks associated with cycling. The measurements carried out in BikeRisk have shown that particulate matter concentration is significantly lower on traffic calmed routes. Although detours can outweigh the effects of lower pollutant concentrations by longer exposure times. Hence it has to be the objective of urban transport planning to provide a network of direct traffic calmed cycling routes.

1 Einleitung

In der Öffentlichkeit wird das Thema Radfahren teilweise widersprüchlich wahrgenommen. Auf der einen Seite steht der fitness- und gesundheitsfördernde Aspekt der damit verbundenen körperlichen Aktivität. Auf der anderen Seite stehen die gesundheitsschädlichen Aspekte wie Schadstoffbelastungen und Verkehrsunfälle. Diese werden häufig als Gegenargument in die Diskussion um die Förderung des Radfahrens als Alltagsverkehrsmittel eingebracht. Ziel des Projekts BikeRisk war es einerseits die beiden erwähnten Risikoaspekte des Radfahrens im Detail zu untersuchen und andererseits mit Hilfe der Ergebnisse des Projekts „Gesundheitlicher Nutzen des Radfahrens als Transportmittel“ (Oja et al., 2010) die positiven und negativen Auswirkungen zu bilanzieren.

Luftschadstoffe, wie sie bei verschiedenen menschlichen Aktivitäten freigesetzt werden, beeinträchtigen die Gesundheit von Mensch und Tier und schädigen die Vegetation, den Boden und die Gewässer. Hohe Schwefeldioxidemissionen in Mitteleuropa führten z. B. Mitte der 1970er Jahre zu Saurem Regen und einem Fischsterben in Skandinavien. Smogepisoden in den 1950er Jahren in London, die vor allem durch das Verfeuern von Kohle verursacht wurden, sind für den frühzeitigen Tod von einigen tausend Menschen verantwortlich. Seit damals wurde durch zahlreiche Maßnahmen in Österreich und Europa die Belastung durch einige Luftschadstoffe drastisch reduziert. Bei manchen Schadstoffen ist die Belastung für die Umwelt allerdings weiterhin hoch. Besonders Feinstaub (PM₁₀), Ozon und Stickstoffoxide (NO_x, also NO und NO₂) können in Konzentrationen auftreten, die zu Beeinträchtigungen der Gesundheit sowie zu negativen Auswirkungen auf empfindliche Ökosysteme führen. Zahlreiche Studien haben in den letzten Jahren einen Zusammenhang zwischen der Belastung durch Feinstaub und gesundheitlichen Auswirkungen, welche von (vorübergehenden) Beeinträchtigungen der Lungenfunktion bis zu zuordenbaren Todesfällen vor allem aufgrund von Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen reichen, gezeigt. Nach einer aktuellen Einschätzung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) gehört die Außenluftbelastung zu jenen Umwelteinflüssen, die die größten gesundheitlichen Auswirkungen in westlichen Industrieländern verursachen (WHO, 2006). Der Sektor Verkehr zählt mit 20–25 % zu den wichtigsten Verursachern dieser Belastung.

Um die gesundheitlichen Auswirkungen des Radfahrens umfassend beurteilen zu können, ist die Untersuchung der Häufigkeit und Schwere von Fahrradunfällen selbstverständlich ein wesentlicher Aspekt. In Österreich verunglückten laut Verkehrsunfallstatistik des Kuratoriums für Verkehrssicherheit im Jahr 2008 bei 5.645 Fahrradunfällen 5.621 Radfahrer und 457 andere Verkehrsteilnehmer (Hildebrandt et al., 2011).

Die Identifikation homogener Gruppen bezüglich typischer Aktivitäts- und Mobilitätsmuster (z. B. sportlicher, aktiver, mäßig aktiver oder inaktiver Lebensstil, Fahrrad-orientiert versus Auto-orientiert, etc.) bildet die Grundlage der in diesem Bericht dargestellten Risikoanalysen. Dazu wurden die Daten von verfügbaren Haushaltsbefragungen mit Hilfe geeigneter statistischer Verfahren ausgewertet und auf Gesamtösterreich hochgerechnet (Herry et al., 2010). Im zweiten Arbeitsschritt wurden die Unfalldatenbank des Kuratoriums für Verkehrssicherheit und die Verletzungsursachenstatistik ausgewertet, um mit Hilfe der in (Herry et al., 2010) berechneten Fahrleistungen das verkehrsmittelspezifische Unfallrisiko zu ermitteln (Hildebrandt et al., 2011). Parallel dazu wurden die für das Projekt relevanten Schadstoffarten definiert und die Belastungen bei der Benutzung verschiedener Verkehrsmittel gemes-

sen (Ibesich, 2011) und mit Werten aus der verfügbaren Literatur verglichen. Abschließend wurden daraus die Gesundheitsrisiken für die im ersten Arbeitsschritt definierten relevanten Bevölkerungsgruppen ermittelt und den gesundheitlich positiven Auswirkungen (Oja et al., 2010) gegenübergestellt. Als Indikator für die Bilanzierung der positiven und negativen Aspekte werden gewonnene und verlorene Lebensjahre verwendet.

Der hier vorliegende Bericht:

- beschreibt die Grundlagen der Berechnung des Indikators gewonnene/verlorene Lebensjahre,
- gibt einen Überblick über die relevanten Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete (Herry et al., 2010; Hildebrandt et al., 2011; Ibesich, 2011) und des Projekts „Gesundheitlicher Nutzen des Radfahrens als Transportmittel“ (Oja et al., 2010),
- präsentiert die Berechnung und die Ergebnisse für verschiedene Szenarien und
- zieht daraus Schlussfolgerungen und leitet Empfehlungen ab.

2 Grundlagen

2.1 Lebens- und Mobilitätsstile

Auf Basis einer Literaturstudie wurden in (Herry et al., 2010) die zur Verfügung stehenden Daten aus aktuellen Mobilitätsbefragungen in den Bundesländern Niederösterreich und Vorarlberg analysiert. Dabei wurde versucht, sich den theoretischen Definitionen zu Lebensstilen anzunähern und eine Zuordnung der Probanden aus den Mobilitätsbefragungen zu Lebensstilen und Mobilitätstypen zu ermöglichen. Da die Mobilitätsbefragungen nicht für diesen Zweck konzipiert wurden, stehen aber für die Definition von Lebensstilen wesentliche subjektive, sozio-kulturelle und evaluative Merkmale (Werte, Einstellungen, kultureller Geschmack, Stellung im Haushalt und Beruf) nicht oder nur teilweise zur Verfügung. Aus diesem Grund war es für die zu erarbeitende Lebensstil-Mobilitäts-Matrix notwendig, von den theoretischen Lebensstildefinitionen etwas abzuweichen und in Richtung verhaltenshomogene Gruppen bzw. Lebensphasen/Lebensformen zu gehen.

Folgende Variablen, die in das Lebensstilmodell einfließen können, stehen sowohl in der Erhebung in Niederösterreich als auch in Vorarlberg zur Verfügung:

- Haushaltsgröße,
- Haushaltstyp,
- Besitz/Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln (Rad, Moped/Motorrad, Pkw),
- Führerscheinbesitz,
- ÖV-Zeitkartenbesitz,
- Tätigkeit (SchülerInnen/StudentInnen, Berufstätige, PensionistInnen,...),
- Regionen (städtischer Bereich/ländlicher Bereich),
- Altersklassen und Geschlecht,
- Bewertung von Bus und Bahn,
- Nutzungshäufigkeit öffentlicher Verkehrsmittel,
- Bewertung der Verbindungen mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu Arbeit/Ausbildung, sowie Einkauf/Freizeit,
- Wegeanzahl pro Person und Tag,
- Außer-Haus-Anteile,
- Verkehrsmittelwahl,
- Wegzwecke und
- Weglängen.

Mit Hilfe einer Clusteranalyse wurden die folgenden acht Lebens- und Mobilitätsstile sowohl in den Mobilitätsbefragungsdaten aus Niederösterreich als auch Vorarlberg identifiziert (Herry et al., 2010):

- **Jugend-Community:**

Die Gruppe der Jugendlichen umfasst zum größten Teil Personen unter 18 Jahren, aber auch junge Erwachsene im Alter bis max. 24 Jahren. Diese Gruppe ist sowohl in städtischen als auch in ländlichen Regionen zu Hause, lebt in größeren Haushalten, ist mehrheitlich noch in Ausbildung, weist einen hohen Besitzanteil an Zeitkarten für öffentliche Verkehrsmittel auf und benutzt diese auch häufig, beurteilt die öffentlichen Verkehrsmittel durchwegs positiv und legt vorwiegend Ausbildungswege zurück.

- **Bildungs- und Karrierehungrige:**

Diese Gruppe ist etwas häufiger in städtischen Regionen zu finden, ist zwischen 18 und 34 Jahre alt, lebt oft noch zu Hause (StudentInnen) oder bereits in eigenem Haushalt mit eigenen Kindern (Berufstätige). Männer sind in dieser Gruppe etwas häufiger vertreten als Frauen, das Ausbildungsniveau ist hoch, ebenso der Führerscheinbesitzanteil und der Zeitkartenbesitzanteil für öffentliche Verkehrsmittel. Dementsprechend werden sowohl Pkw als öffentlicher Verkehr benutzt, wobei letzterer eher negativ beurteilt wird. Der tägliche Außer-Hausanteil ist relativ gering, was auf den hohen Anteil an StudentInnen (etwa ein Drittel) in dieser Gruppe zurückzuführen ist, während die geringe Anzahl an Wegen pro Person eher auf den berufstätigen Teil (etwa zwei Drittel) zurückzuführen ist. Es überwiegen die Arbeitsplatz – und Ausbildungswege mit einer überdurchschnittlich hohen Weglänge.

- **Ernährer:**

Diese Personengruppe ist stark durch berufstätige, männliche Personen geprägt, ist überdurchschnittlich häufig in ländlichen Regionen zu finden, lebt ausschließlich im Familienverbund mit eigenen Kindern, ist mehrheitlich zwischen 35 und 49 Jahren alt, hat einen hohen Führerschein- und Pkw-Besitzanteil und einen niedrigen ÖV-Zeitkartenbesitzanteil. Öffentliche Verkehrsmittel werden negativ beurteilt, daher überwiegt auch der Pkw bei den verwendeten Verkehrsmitteln. Diese Gruppe legt etwas mehr Wege pro Tag zurück als der Durchschnitt, diese Wege sind überdurchschnittlich lang und dienen häufig zur Erreichung des Arbeitsplatzes.

- **Familienmanagerinnen:**

„Familienmanagerinnen“ sind häufiger in ländlichen aber auch in städtischen Regionen zu finden, 9 von 10 Personen dieser Gruppe sind Frauen im Alter zwischen 25 und 49 Jahren aus Familien mit (mehrheitlich) Kindern unter 16 Jahren und gehen keiner regelmäßigen Tätigkeit außer Haus nach. Der Führerscheinbesitzanteil ist hoch, der Anteil an Zeitkarten für den öffentlichen Verkehr sehr gering. Es werden ebenso viele Fuß- und Radwege unternommen wie Wege mit dem Pkw, die eher kurz sind und fast ausschließlich zu privaten Zwecken (viele Versorgungswege) zurückgelegt werden. Die Wegeanzahl pro Person und Tag ist überdurchschnittlich groß.

- **Arbeits- und Erlebnisorientierte:**

Diese Gruppe lebt überdurchschnittlich häufig in städtischen Regionen in Ein- oder Zweipersonenhaushalten (ohne Kinder) und ist zwischen 25 und 64 Jahren alt. Männer und Frauen sind gleichermaßen vertreten, beide weisen einen hohen Führerschein- und Pkw-Besitzanteil sowie einen hohen Außer-Haus-Anteil auf und sind fast ausschließlich berufstätig. Dementsprechend dient ein hoher Anteil der zurückgelegten Wege der Erreichung des Arbeitsplatzes, dennoch ist aber auch der Anteil an Freizeitwegen relativ hoch (vor allem im

Vergleich zum klassischen „Ernährer“). Die Wege werden mehrheitlich mit dem Pkw zurückgelegt und sind überdurchschnittlich lang.

- **Gleichberechtigte Familienpartner:**

Diese Gruppe lebt etwas häufiger in städtischen Regionen als in ländlichen, fast ausschließlich im Familienverbund mit Kindern und daher mehrheitlich in größeren Haushalten mit vier oder mehr Personen (Mehr-Kinder-Familie). Diese Personen sind mehrheitlich zwischen 35 und 49 Jahren alt, Männer und Frauen sind gleichermaßen vertreten und gehen beide einer Berufstätigkeit nach. Außer-Haus-Anteil, Führerscheinbesitz- und Pkw-Besitzanteil sind hoch, dagegen ist der ÖV-Zeitkartenbesitzanteil relativ gering. Auf Grund der Zusammensetzung dieser Gruppe (Familienverbund) werden viele kurze (Versorgungs-)Wege pro Tag zurückgelegt, die zwar mehrheitlich mit dem Pkw, aber auch zu Fuß oder mit dem Rad unternommen werden. Dementsprechend überwiegen trotz der Berufstätigkeit dieser Personen die Freizeitwege und die Wege zu privaten Zwecken wie „Bringen und Holen von Personen“ oder Einkaufen.

- **PKW-Senioren:**

Als PKW-Senioren können Personen bezeichnet werden, die 50 Jahre oder älter sind (mehrheitlich über 64 Jahre) und sehr häufig in ländlichen Regionen leben. Der Großteil ist bereits in Pension. Mehr als die Hälfte lebt in Zweipersonenhaushalten, häufig leben diese Personen (bei denen Männer etwas überrepräsentiert sind) aber auch noch im Familienverbund. Der Führerschein- und Pkw-Besitzanteil ist für diese Altersklasse relativ hoch, der Außer-Haus-Anteil dagegen gering. Ein hoher Anteil dieser Personengruppe hat keinen Schulabschluss auf Maturaniveau, was aber ebenfalls auf das Alter der Personen zurückzuführen ist und nicht bedeutet, dass diese Gruppe schlecht ausgebildet ist. Sie benutzen sehr selten öffentliche Verkehrsmittel, bewerten diese aber durchwegs positiv. Der Anteil an Pkw-Wege ist in dieser Gruppe besonders hoch, es werden zwar wenige, aber dafür überdurchschnittlich lange Wege vorwiegend zu Privat- und Freizeitwecken unternommen.

- **Umweltverbund-Senioren:**

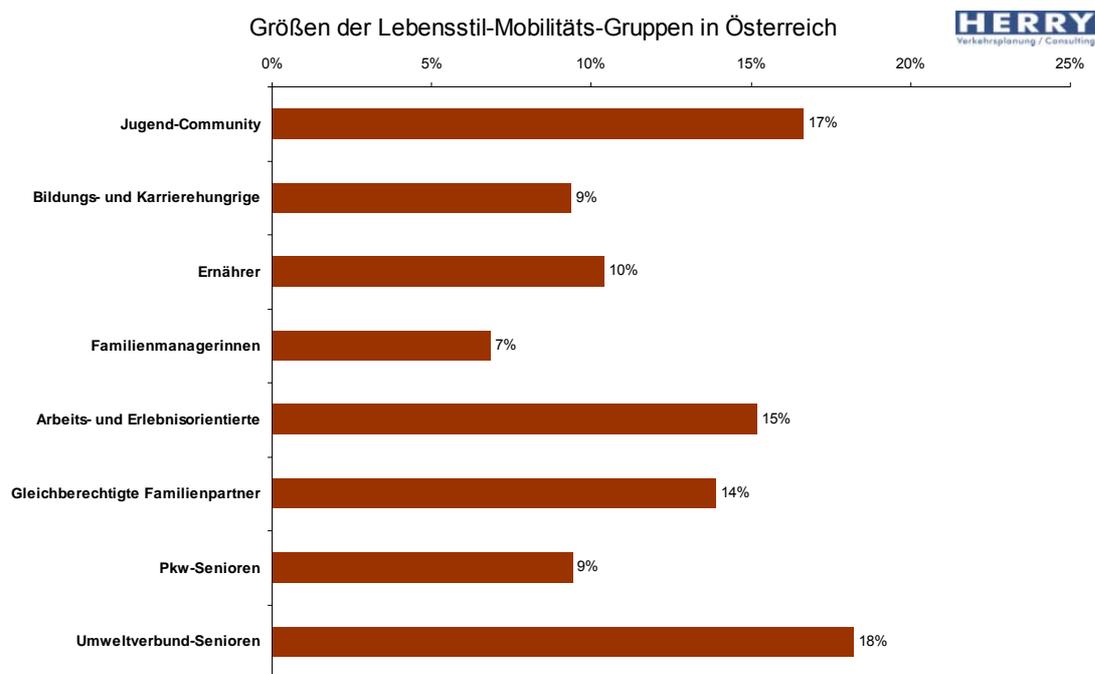
Im Gegensatz zu den PKW-Senioren leben Umweltverbund-Senioren sehr häufig in städtischen Gebieten ebenfalls mehrheitlich in Zweipersonenhaushalten, aber auch sehr häufig in Einpersonenhaushalten, fast zwei Drittel sind Frauen, die bereits in Pension sind. Der Außer-Haus-Anteil ist höher als bei der anderen Seniorengruppe, der Führerscheinbesitz- und Pkw-Besitzanteil dagegen deutlich geringer. Der öffentliche Verkehr wird relativ häufig benutzt und sehr gut beurteilt, der Großteil der Wege wird aber zu Fuß zurückgelegt, dementsprechend sind die Wege im Schnitt kurz, es werden aber etwas mehr Wege zurückgelegt als bei den PKW-Senioren. Die Wege dienen ebenfalls fast ausschließlich Privat- und Freizeitwecken.

Mit Hilfe verschiedener Struktur- und Mobilitätsdaten wurden die Ergebnisse der Clusteranalyse der Daten aus Niederösterreich und Vorarlberg auf Österreich hochgerechnet. Details zur Methodik siehe (Herry et al., 2010).

In Abbildung 3 sind die Größen der einzelnen Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen dargestellt. Die größte Gruppe stellen die Umweltverbund-Senioren mit 18 % knapp gefolgt von der Jugend-Community mit 17 %. Die kleinste Gruppe sind mit 7 % die FamilienmanagerInnen. Tabelle 5 bis Tabelle 7 geben einen Überblick über die Struktur der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen.

Die Auswertungen beziehen sich auf alle Wochentage (nicht nur Werktagen). Durch das einheitliche Auswerteschema bedingt, sind in den Tabellen teilweise auch Anteilswerte enthalten, für die auf Grund der Stichprobengröße keine statistisch zuverlässigen Aussagen getroffen werden können.

Tabelle 8 gibt eine Übersicht über das Mobilitätsverhalten der Lebensstilgruppen.



Quelle: (Herry et al., 2010)

Abbildung 3: Größen der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich

Tabelle 5: Struktur der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich (1)

Merkmale	Ausprägung	Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich								
		Jugend-Community	Bildungs- und Karrierungrige	Ernährer	Familienmanagerinnen	Arbeits- und Erlebnisorientierte	Gleichberechtigte Familienpartner	Pkw-Senioren	Umweltverbund-Senioren	Gesamt
Raumtyp	städtisch	54%	58%	42%	52%	66%	60%	21%	76%	57%
	ländlich geprägt	25%	24%	31%	21%	20%	23%	34%	18%	24%
	Landgemeinde	20%	18%	27%	28%	14%	17%	45%	6%	19%
Haushaltstyp	Singlehaushalte		1%			39%	1%	13%	42%	15%
	2-Personen Haushalte	1%	5%		7%	58%	2%	53%	47%	24%
	Familien mit Kindern unter 16	75%	27%	65%	73%	0%	62%	9%	1%	36%
	Familien ohne Kinder unter 16	18%	65%	35%	19%	0%	34%	25%	10%	23%
	Alleinerziehende	6%	2%	1%	1%	3%	1%	0%	0%	2%
Haushaltsgröße	1	0%	1%			39%	1%	13%	42%	15%
	2	4%	7%		7%	61%	2%	54%	47%	25%
	3	20%	39%	40%	29%	0%	38%	22%	9%	22%
	4 und mehr	76%	53%	60%	64%		59%	11%	1%	38%
Altersklasse	bis 17 Jahre	83%								14%
	18 bis 24 Jahre	18%	64%							9%
	25 bis 34 Jahre		36%	9%	48%	24%	20%			14%
	35 bis 49 Jahre			72%	39%	41%	65%			26%
	50 bis 64 Jahre			19%	13%	36%	15%	35%	31%	19%
	65 und älter							65%	69%	18%
Geschlecht	weiblich	50%	46%	32%	90%	48%	50%	51%	67%	52%
	männlich	50%	54%	68%	10%	52%	50%	49%	33%	48%

Quelle: (Herry et al., 2010)

Tabelle 6: Struktur der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich (2)

Merkmale	Ausprägung	Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich								
		Jugend-Community	Bildungs- und Karriere-hungrige	Ernährer	Familien-manager-innen	Arbeits- und Erlebnis-orientierte	Gleich-berechtigte Familien-partner	Pkw-Senioren	Umwelt-verbund-Senioren	Gesamt
Außer Haus	Ja	89%	79%	91%	89%	93%	91%	74%	82%	86%
	Nein	11%	21%	9%	11%	7%	9%	26%	18%	14%
Führerscheinbesitz	Ja	22%	95%	99%	93%	96%	98%	83%	75%	82%
	Nein	78%	5%	1%	7%	4%	2%	17%	25%	18%
Pkw Besitz	Jederzeit	6%	75%	88%	79%	85%	84%	76%	63%	65%
	höchstens teilweise	94%	25%	12%	21%	15%	16%	24%	37%	35%
Ausbildung	ohne Matura	70%	34%	60%	55%	57%	58%	81%	77%	62%
	mit Matura	30%	66%	40%	45%	43%	42%	19%	23%	38%
Tätigkeit 4stufig	zu Hause	0%	4%		91%	0%	0%	10%	10%	9%
	Pension	1%	0%	0%	9%	1%	1%	89%	89%	25%
	Ausbildung	98%	29%	1%		2%	2%	0%	0%	20%
	berufstätig	1%	67%	99%		96%	97%	1%	0%	46%
ÖV Zeitkartenbesitz	Ja	69%	45%	20%	8%	24%	14%	11%	21%	29%
	Nein	31%	55%	80%	92%	76%	86%	89%	79%	71%
Gesamtnote Busse	Noten 1-3	65%	57%	51%	70%	68%	66%	74%	76%	66%
	Noten 4-5	35%	43%	49%	30%	32%	34%	26%	24%	34%
Gesamtnote Bahn	Noten 1-3	74%	63%	57%	68%	67%	66%	73%	80%	69%
	Noten 4-5	26%	37%	43%	32%	33%	34%	27%	20%	31%
Nutzungshäufigkeit ÖV	mind. mehrmals pro Monat	78%	49%	23%	21%	34%	21%	14%	31%	35%
	seltener bis nie	22%	51%	77%	79%	66%	79%	86%	69%	65%

Quelle: (Herry et al., 2010)

Tabelle 7: Struktur der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich (3)

Merkmale	Ausprägung	Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich								
		Jugend-Community	Bildungs- und Karriere-hungrige	Ernährer	Familien-manager-innen	Arbeits- und Erlebnis-orientierte	Gleich-berechtigte Familien-partner	Pkw-Senioren	Umwelt-verbund-Senioren	Gesamt
Verbindungen mit ÖV: Arbeit / Ausbildung	Noten 1-3	77%	53%	34%	49%	45%	42%	47%	67%	51%
	Noten 4-5	23%	47%	66%	51%	55%	58%	53%	33%	49%
Verbindungen mit ÖV: Freizeit / Einkauf	Noten 1-3	50%	43%	30%	38%	47%	45%	49%	68%	48%
	Noten 4-5	50%	57%	70%	62%	53%	55%	51%	32%	52%
Verkehrsmittel	Vorwiegend Fuß- und Radwege	22%	17%	4%	40%	20%	34%	3%	57%	27%
	Vorwiegend ÖV- und MIV-Mitfahrwege	74%	38%	26%	22%	26%	14%	25%	27%	33%
	Vorwiegend MIV-Wege	4%	44%	70%	38%	53%	52%	72%	16%	40%
Weglängen	Vorwiegend kurze Wege	28%	25%	5%	40%	24%	41%	25%	50%	31%
	Vorwiegend mittlere Weglängen	40%	10%		37%	25%	58%	27%	40%	32%
	Vorwiegend lange Wege	31%	65%	95%	23%	51%	2%	48%	10%	37%
Wegzweck	Vorwiegend Ausbildungswege	79%	12%	1%	6%	1%	2%	1%	1%	16%
	Vorwiegend Freizeit-/Privatwege	16%	31%	37%	89%	42%	58%	89%	97%	55%
	Vorwiegend Arbeitswege	5%	57%	62%	5%	56%	40%	10%	2%	29%
Wegeanzahl	bis 2 Wege	51%	56%	44%	34%	51%	30%	58%	52%	47%
	2 bis 4 Wege	39%	34%	34%	36%	33%	36%	32%	27%	34%
	mehr als 4 Wege	11%	10%	22%	31%	17%	34%	10%	20%	19%

Quelle: (Herry et al., 2010)

Tabelle 8: Übersicht über die Mobilitätskennzahlen der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich (Werktag + Wochenende)

Mobilitätskennzahlen der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich		Lebensstil-Mobilitäts-Gruppe								
		Jugend-Community	Bildungs- und Karrierehungrige	Ernährer	Familienmanagerinnen	Arbeits- und Erlebnisorientierte	Gleichberechtigte Familienpartner	Pkw-Senioren	Umweltverbund-Senioren	Gesamt
Außer-Haus Anteil	Ja	89%	79%	91%	89%	93%	91%	74%	82%	86%
	Nein	11%	21%	9%	11%	7%	9%	26%	18%	14%
Wegeanzahl	Wege pro Person	3.3	2.3	2.8	3.3	2.8	3.5	2.0	2.9	2.9
	Wege pro mob. Person	3.7	2.9	3.1	3.7	3.0	3.8	2.8	3.5	3.4
Modal-Split	Fuß	23%	14%	5%	33%	18%	22%	7%	43%	23%
	Rad	7%	6%	3%	6%	5%	9%	1%	11%	7%
	MIV-Lenker	4%	45%	72%	44%	56%	57%	71%	25%	42%
	MIV-Mitfahrer	25%	11%	7%	11%	8%	7%	16%	14%	13%
	ÖV	41%	24%	13%	6%	14%	4%	4%	8%	16%
Weglänge	bis 0,5 km	13%	5%	3%	18%	7%	13%	7%	21%	12%
	> 0,5 - 1 km	8%	8%	4%	10%	9%	12%	7%	17%	10%
	>1 - 2,5 km	14%	15%	8%	20%	12%	18%	15%	15%	15%
	> 2,5 - 5 km	23%	11%	13%	24%	18%	24%	18%	26%	21%
	> 5 - 10 km	20%	12%	8%	13%	17%	26%	17%	13%	17%
	> 10 - 20 km	11%	21%	31%	8%	16%	2%	20%	4%	12%
	> 20 - 50 km	9%	18%	23%	6%	15%	5%	13%	3%	10%
> 50 km	3%	12%	8%	2%	7%	1%	4%	1%	4%	
Wegzweck	Arbeitsplatz	3%	40%	38%	3%	39%	31%	5%	1%	19%
	dienstlich/ geschäftlich	0%	4%	15%	2%	10%	8%	5%	1%	6%
	Ausbildung	59%	9%	1%	3%	1%	1%	0%	0%	12%
	Bringen/Holen v. Personen	3%	4%	11%	27%	3%	14%	6%	5%	8%
	Einkauf	4%	5%	10%	19%	12%	13%	27%	31%	15%
	private Erledigung	3%	4%	6%	10%	7%	6%	23%	18%	9%
	Freizeit	29%	34%	19%	35%	29%	27%	34%	43%	31%
Durchschn. Weglänge je Verkehrsmittel	Fuß	1.5	2.0	1.8	1.5	2.2	1.5	2.0	1.5	1.6
	Rad	2.4	4.2	5.1	1.9	3.0	2.2	1.7	2.9	2.9
	MIV-Lenker	10.3	19.7	18.8	9.2	15.8	7.4	12.9	5.9	12.7
	MIV-Mitfahrer	8.2	25.9	31.4	12.8	17.1	10.5	20.4	10.9	13.5
	ÖV	16.0	40.6	41.9	23.1	44.8	24.9	25.2	19.4	25.9
	Gesamt	9.6	22.2	21.6	7.5	16.9	6.5	13.8	5.4	11.7
Modal-Split nach Verkehrsleistung	Fuß	4%	1%	0%	7%	2%	5%	1%	12%	3%
	Rad	2%	1%	1%	1%	1%	3%	0%	6%	2%
	MIV-Lenker	4%	40%	63%	54%	52%	65%	67%	27%	45%
	MIV-Mitfahrer	21%	13%	10%	19%	8%	12%	24%	27%	15%
	ÖV	69%	44%	26%	19%	37%	15%	8%	27%	35%

Quelle: (Herry et al., 2010)

2.2 Berechnung der verlorenen bzw. gewonnenen Lebenszeit

Um die das Risiko erhöhenden und mindernden Faktoren des Radfahrens zu bilanzieren, wird die Methode der Berechnung der verlorenen bzw. gewonnenen Lebenszeit verwendet. Zur Berechnung der verlorenen bzw. gewonnenen Lebenszeit (Formel 1) wird eine gekürzte Sterbetafel verwendet (Tabelle 9).

$$\Delta L(x) = q(x) * [1 - RR(x)] * e(x)$$

Formel 1: Verlorene bzw. gewonnene Lebenszeit; nach (Hanika and Trimmel, 2005)

Legende:

$\Delta L(x)$ Gewonnene bzw. verlorene Lebenszeit im Altersintervall x bis $x+n$ (d)

$q(x)$ Sterbewahrscheinlichkeit im Altersintervall x bis $x+n$

$RR(x)$ Relatives Risiko im Altersintervall x bis $x+n$

$e(x)$ Fernere Lebenserwartung im Altersintervall x bis $x+n$

Tabelle 9: Gekürzte Sterbetafel 2009

Genaueres Alter (am x-ten Geburtstag) in Jahren	Gesamt					
	Sterbewahrscheinlichkeit im Altersintervall x bis $x+n$	Überlebende im Alter x	Gestorbene im Altersintervall x bis $x+n$	Von den Überlebenden im Alter x		Fernere Lebenserwartung im Alter x in Jahren
				bis $x+n$	insgesamt	
				noch zu durchlebende Jahre		
x	$q(x)$	$l(x)$	$d(x)$	$L(x)$	$T(x)$	$e(x)$
0	0.0066447	100000	664	1791246	7992976	79.93
18	0.0036609	99336	364	694040	6201730	62.43
25	0.0052231	98972	517	987250	5507689	55.65
35	0.0213751	98455	2104	1465107	4520440	45.91
50	0.0918704	96350	8852	1392729	3055332	31.71
65	0.5004502	87499	43789	1419422	1662604	19.00
85	1.0000000	43710	43710	243182	243182	5.56

Quelle: Eigene Berechnungen nach (Hanika and Trimmel, 2005; Statistik Austria, 2010)

2.3 Schadstoffbelastung

Die Analyse der verlorenen Lebenszeit beschränkt sich auf den Schadstoff PM2.5. Argumente dafür siehe (Ibesich, 2011). Für die Berechnung der gesundheitlichen Auswirkungen der Schadstoffbelastung ist die eingeatmete Tagesdosis relevant (Formel 2).

$$D_k = \sum_t \frac{C_k^t * V_k^t * 60 * T_k^t}{1000}$$

Formel 2: Eingeatmete Tagesdosis; nach (de Hartog et al., 2010)

Legende:

D_kEingeatmete Tagesdosis der Alterskohorte k ($\mu\text{g}/\text{d}$)

tAktivitäten (Schlaf, Radfahren, Pkw-Lenker, Rest)

C_k^tSchadstoffkonzentration während der Aktivität t in der Alterskohorte k ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

V_k^tAtemvolumen während der Aktivität t in der Alterskohorte k (l/min)

T_k^tDurchschnittliche tägliche Dauer der Aktivität t in der Alterskohorte k (h/d)

Tabelle 10 gibt einen Überblick über die in verschiedenen Projekten in London und den Niederlanden gemessenen PM2.5-Konzentrationen. Bei den im Rahmen des Projekts Bike-Risk in Wien stichprobenartig durchgeführten Messfahrten wurde für das Verkehrsmittel Pkw eine durchschnittliche PM2.5-Konzentration von $81,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ibesich, 2011)⁵. Bei den Messfahrten mit dem Fahrrad betrug die durchschnittliche PM2.5-Konzentration $28,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Das Verhältnis der PM2.5-Konzentration Pkw zu Fahrrad beträgt 2,81. Für die Berechnungen im Basisszenario wird im Folgenden ein Verhältnis der PM2.5-Konzentration Pkw zu Fahrrad von 1,15 angenommen. Dieser Wert entspricht in etwa dem Durchschnitt der verfügbaren Studien.

Tabelle 10: Gemessene PM2.5-Konzentration aus verschiedenen Studien ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ort	Pkw	Fahrrad	Verhältnis Pkw/Fahrrad
London (2001)	37	28	1,32
London (2005)	38	34	1,12
11 Niederländische Städte (2009)	49	45	1,09
Arnhem, NL (2010)	78	72	1,08

Quelle: (Adams et al., 2001; Boogard et al., 2009; Kaur et al., 2005; Zuurbier et al., 2010) nach (de Hartog et al., 2010)

Im Rahmen des Projekts BikeRisk war es nicht möglich, eine Messung des Atemvolumens während der Testfahrten durchzuführen. Es wurde aber parallel zur Messung der PM-Konzentration die Herzfrequenz der Testpersonen gemessen (Ibesich, 2011). Die so erhobenen Messdaten wurden verwendet, um in Kombination mit Ergebnissen einer niederländischen Studie (siehe Tabelle 11) das Atemvolumen der Testpersonen näherungsweise zu bestimmen. Es wurde dabei ein linearer Zusammenhang zwischen Herzfrequenz und Atemungsumfang angenommen (Tabelle 12). Das durchschnittliche Verhältnis des Atemvolumens Pkw zu Fahrrad liegt damit bei etwa 1:2,2. Für das Atemvolumen der Aktivität Radfah-

⁵ Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Zahl der Messfahrten mit dem Pkw sehr niedrig war und diese zudem bei hohen Hintergrundbelastungen stattgefunden haben.

ren wird in (de Hartog et al., 2011) das 2,9-fache der Tätigkeit Autofahren angenommen. Dieser Wert stellt den Durchschnitt aus drei verschiedenen Studien dar (de Hartog et al., 2011; de Hartog et al., 2010; Int Panis, 2011; Int Panis et al., 2010; Zuurbier et al., 2009).

Tabelle 11: Zusammenhang Herzfrequenz und Atmungsumfang

Geschlecht	Verkehrsmittel	Herzfrequenz (Schläge/min)			Atmungsumfang (Liter/min)		
		Durchschnitt	Min	Max	Durchschnitt	Min	Max
Alle (N=34)	Fahrrad (N = 33)	100	67	148	23.5	11.6	47.7
	Pkw (N = 33)	70	52	99	11.8	5.1	20.9
	Bus (N = 32)	73	52	95	12.7	5.4	19.5
Männer (N=24)	Fahrrad (N = 24)	94	67	122	22.0	11.6	29.5
	Pkw (N = 23)	66	52	88	11.9	5.1	17.4
	Bus (N = 22)	70	52	93	13.1	5.4	18.9
Frauen (N=10)	Fahrrad (N = 9)	116	92	148	27.6	11.7	47.7
	Pkw (N = 10)	78	70	99	11.6	6.8	20.9
	Bus (N = 10)	79	70	95	11.7	7.0	19.5

Quelle: (Zuurbier et al., 2009)

Tabelle 12: Zusammenhang Herzfrequenz und Atmungsumfang

Geschlecht	Verkehrsmittel	Herzfrequenz (Schläge/min)			Atmungsumfang (Liter/min)		
		Durchschnitt	Min	Max	Durchschnitt	Min	Max
Alle (N=81)	Fahrrad (N = 75)	128	79	156	30.1	13.7	50.2
	Pkw (N = 6)	77	70	82	13.9	6.8	16.2
Männer (N=68)	Fahrrad (N = 62)	128	79	156	29.9	13.7	37.6
	Pkw (N = 6)	77	70	82	13.9	6.8	16.2
Frauen (N=13)	Fahrrad (N = 13)	130	106	149	31.1	13.5	47.9

Quelle: eigene Messungen und Berechnungen

Die zur Berechnung der eingeatmeten Tagesdosis weiters benötigte durchschnittliche Dauer der Aktivitäten ist eine Variable, welche sich aus den zu betrachtenden Szenarien ergibt.

Aus der aufgenommenen Tagesdosis wird die äquivalente Änderung der Schadstoffbelastung und das relative Risiko berechnet. Dazu wird die zeitlich über 24 Stunden gewichtete, durchschnittliche Belastung des Ausgangsszenarios benötigt (Formel 3).

$$\bar{C}_k = \frac{\sum C_k^t * T_k^t}{24}$$

Formel 3: Durchschnittliche, zeitlich gewichtete Schadstoffkonzentration; nach (de Hartog et al., 2010)

Legende:

\bar{C}_k Durchschnittliche, zeitlich gewichtete Schadstoffkonzentration der Alterskohorte k ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

t Aktivitäten (Schlaf, Radfahren, Pkw-Lenker, Rest)

C_k^t Schadstoffkonzentration während der Aktivität t in der Alterskohorte k ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

T_k^t Durchschnittliche tägliche Dauer der Aktivität t in der Alterskohorte k (h/d)

Daraus wird dann die äquivalente Änderung der Schadstoffkonzentration bestimmt (Formel 4).

$$\Delta C_k = \bar{C}_k * \left(\frac{D_k(S)}{D_k(0)} - 1 \right)$$

Formel 4: Äquivalente Änderung der Schadstoffkonzentration; nach (de Hartog et al., 2010)

Legende:

ΔC_k Äquivalente Änderung der Schadstoffkonzentration der Alterskohorte k ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

\bar{C}_k Durchschnittliche, zeitlich gewichtete Schadstoffkonzentration der Alterskohorte k ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$D_k(S)$ Eingeatmete Tagesdosis der Alterskohorte k Maßnahmenszenario S ($\mu\text{g}/\text{d}$)

$D_k(0)$ Eingeatmete Tagesdosis der Alterskohorte k Basisszenario 0 ($\mu\text{g}/\text{d}$)

Daraus wird abschließend das relative Mortalitätsrisiko für verschiedene Toxizitätsniveaus der Schadstoffe des Verkehrs berechnet (Formel 5).

$$RR_k^S = e^{\left(r * \ln(1,06) * \left(\frac{\Delta C_k}{10} \right) \right)}$$

Formel 5: Relatives Mortalitätsrisiko durch Schadstoffbelastung; nach (de Hartog et al., 2010)

Legende:

RR_k^S Relatives Mortalitätsrisiko durch Schadstoffbelastung in der Alterskohorte k

r Relative Toxizität der Schadstoffbelastung im Verkehr bezogen auf die anderen Aktivitäten

ΔC_k Äquivalente Änderung der Schadstoffkonzentration der Alterskohorte k ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

2.4 Verunglückten- und Getötetenraten

Die Verunglücktenrate bzw. Getötetenrate ist eine Unfallkenngröße bezogen auf die im Verkehr zurückgelegte Weglänge. Diese ergibt sich durch die Verkehrsstärke und die Netzlänge, wobei die Verkehrsstärke aus Verkehrszählungen errechnet wird⁶. Alternativ kann die Verkehrsleistung auch aus dem Produkt der Anzahl der zurückgelegten Wege und der dabei zurückgelegten Weglänge pro Zeitraum errechnet werden. Zur besseren Lesbarkeit wird die Verunglücktenrate mit einer Million Kilometer multipliziert. Somit gibt die Verunglücktenrate die Zahl der Verunglückten pro einer Million Kilometer Verkehrsleistung an (Formel 6).

$$V_R = \frac{V * 10^6}{W * dWL * EW * 365}$$

Formel 6: Verunglücktenrate; nach (Hildebrandt et al., 2011)

Legende:

V_R Verunglücktenrate (Personen je Million km und Jahr)

V Anzahl der verunglückten Verkehrsteilnehmer im Untersuchungsgebiet während des Untersuchungszeitraums (Personen)

W Anzahl der Wege pro Person und Tag

dWL Durchschnittliche Weglänge (km)

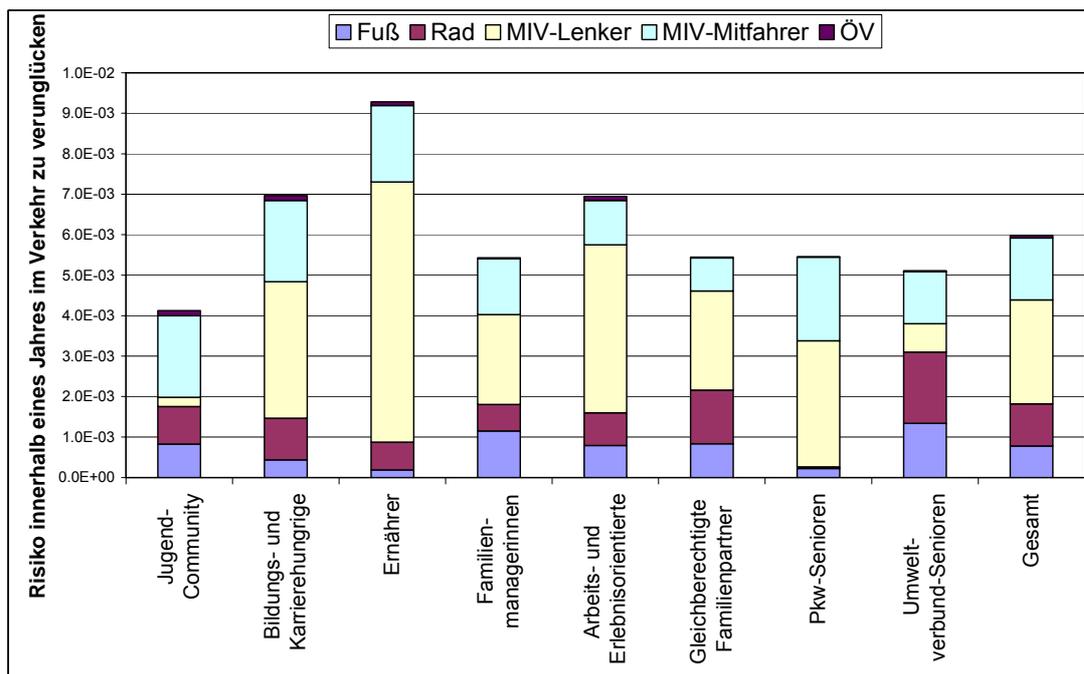
EW Anzahl der Einwohner im Untersuchungsgebiet

Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse der Berechnung der Verunglücktenraten nach Verkehrsmittel und Altersgruppe (Hildebrandt et al., 2011). Aus den Verunglücktenraten kann mit Hilfe der Mobilitätskennzahlen aus Tabelle 8 das individuelle Risiko einer Person, welche dem Durchschnitt eines Lebens- und Mobilitätsstils entspricht, berechnet werden (Abbildung 4). Das höchste Risiko, im Verkehr zu verunglücken, weist die Gruppe der „Ernährer“ auf. Das hohe Risiko kann auf die überdurchschnittlich häufigen und langen Pkw-Wege zurückgeführt werden. Das niedrigste Risiko, im Verkehr zu verunglücken, haben die Vertreter der „Jugend-Community“. Dies kann auf den hohen Anteil der ÖV-Nutzung und den geringen Anteil der Verkehrsteilnahme als MIV-Lenker zurückgeführt werden.

⁶ Vgl: Robatsch, K., Krätler, C., and Strnad, B. (2009). *Grundlagen der Verkehrssicherheit*, IVS - Schriften, 33, Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien. S 37

Tabelle 13: Verunglücktenrate pro 1 Mio. Kilometer Verkehrsleistung nach Verkehrsbeteiligung und Altersklasse, Durchschnitt 2005 – 2009, Quellen: Verunglücktenzahlen: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobilitätszahlen: (Herry et al., 2010)

Modal-Split	Verunglücktenrate nach Verkehrsbeteiligung und Altersklassen pro 1 Mio. Kilometer Verkehrsleistung Durchschnitt 2005 – 2009						
	6 bis 14 Jahre	15 bis 24 Jahre	25 bis 34 Jahre	35 bis 49 Jahre	50 bis 64 Jahre	65 und älter	Total
Fußgänger	1,83678	2,57869	1,01061	1,06311	0,92041	1,33972	1,31550
Radfahrer	3,95901	5,96319	3,26514	2,64881	2,93526	4,03637	3,37734
MIV-Lenker	0,19782	2,66687	0,63659	0,46225	0,35488	0,43909	0,66978
MIV-Mitfahrer	0,55921	1,50645	1,24537	0,47242	0,38324	0,30512	0,67805
ÖV Fahrgast	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	0,01547
Total	0,42518	0,85034	0,56086	0,38373	0,32015	0,48385	0,50313



Quelle: Quellen: Verunglücktenzahlen: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobilitätszahlen: (Herry et al., 2010), eigene Berechnungen

Abbildung 4: Risiko, innerhalb eines Jahres im Verkehr zu verunglücken, nach Lebensstil-Mobilitäts-Gruppe, Durchschnitt 2005 – 2009

Die Getötetenrate wird nach demselben Schema wie die Verunglücktenrate berechnet. Um die Getötetenrate besser lesen zu können, wird sie mit 100 Mio. Kilometer multipliziert. Die Getötetenrate gibt die Anzahl der Getöteten pro 100 Mio. Kilometer Verkehrsleistung an (Formel 7).

$$G_R = \frac{GET * 10^8}{W * dWL * EW * 365}$$

Formel 7: Getötetenrate; nach (Hildebrandt et al., 2011)

Legende:

G_R Getötetenrate (Personen je Mio. km und Jahr)

GET Anzahl der getöteten Verkehrsteilnehmer im Untersuchungsgebiet während des Untersuchungszeitraums (Personen)

W Anzahl der Wege pro Person und Tag

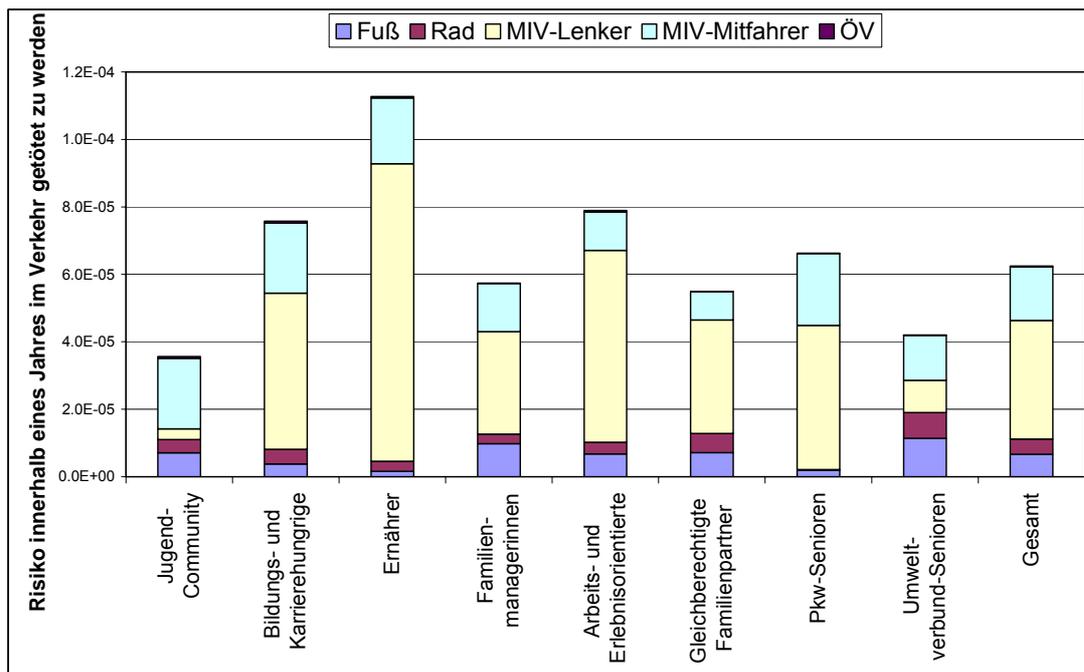
dWL Durchschnittliche Weglänge (km)

EW Anzahl der Einwohner im Untersuchungsgebiet

Tabelle 14 zeigt die Ergebnisse der Berechnung der Getötetenraten nach Verkehrsmittel und Altersgruppe (Hildebrandt et al., 2011). Aus den Getötetenraten kann mit Hilfe der Mobilitätskennzahlen aus Tabelle 8 das individuelle Risiko einer Person, welche dem Durchschnitt eines Lebens- und Mobilitätsstils entspricht, berechnet werden (Abbildung 5). Das höchste Risiko, im Verkehr getötet zu werden, weist die Gruppe der „Ernährer“ auf. Das hohe Risiko kann auf die überdurchschnittlich häufigen und langen Pkw-Wege zurückgeführt werden. Das niedrigste Risiko, im Verkehr getötet zu werden, haben die Vertreter der „Jugend-Community“. Dies kann auf den hohen Anteil der ÖV-Nutzung und den geringen Anteil der Verkehrsteilnahme als MIV-Lenker zurückgeführt werden.

Tabelle 14: Getötetenrate pro 100 Mio. Kilometer Verkehrsleistung nach Verkehrsbeteiligung und Altersklasse, Durchschnitt 2005 – 2009, Quellen: Verunglücktenzahlen: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobilitätszahlen: (Herry et al., 2010)

Modal-Split	Getötetenrate nach Verkehrsbeteiligung und Altersklassen pro 100 Mio. Kilometer Verkehrsleistung Durchschnitt 2005 - 2009						
	6 bis 14 Jahre	15 bis 24 Jahre	25 bis 34 Jahre	35 bis 49 Jahre	50 bis 64 Jahre	65 und älter	Total
Fußgänger	1,00515	4,84716	1,44925	2,02825	2,20707	7,26010	3,30841
Radfahrer	0,78219	2,67858	1,19166	1,49963	3,06949	8,75189	2,84775
MIV-Lenker	0,00000	2,70223	0,71803	0,61011	0,65418	1,50261	0,90766
MIV-Mitfahrer	0,27989	1,29845	1,30834	0,45609	0,42583	0,70666	0,68130
ÖV Fahrgast	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	0,00685
Total	0,18131	0,84209	0,59798	0,46708	0,52429	1,64140	0,66123



Quelle: Quellen: Verunglücktenzahlen: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobilitätszahlen: (Herry et al., 2010), eigene Berechnungen

Abbildung 5: Risiko, innerhalb eines Jahres im Verkehr getötet zu werden, nach Lebensstil-Mobilitäts-Gruppe, Durchschnitt 2005 – 2009

Zur Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle werden im ersten Schritt die Mortalitätsraten der betrachteten Verkehrsmittel berechnet (Formel 8).

$$MR_k^{m,u} = G_{R,k}^m * W_k^m * dWL_k^m$$

Formel 8: Mortalitätsrate Verkehrsunfälle

Legende:

k Index für die Alterskohorte (0–17 Jahre, 18–24 Jahre, 25–34 Jahre, 35–49 Jahre, 50–64 Jahre, 65 und älter)

m Index Verkehrsmittel (Zu Fuß, Fahrrad, MIV-Lenker, MIV-Mitfahrer, ÖV)

$MR_k^{m,u}$ Mortalitätsrate durch Unfälle bei der Verkehrsteilnahme mit dem Verkehrsmittel m in der Alterskohorte k (Wahrscheinlichkeit einer Person, im Beobachtungsjahr bei einem Verkehrsunfall mit dem Verkehrsmittel m zu sterben)

$G_{R,k}^m$ Getötetenrate je 100 Mio. Kilometer Verkehrsleistung mit dem Verkehrsmittel m in der Alterskohorte k (siehe Formel 7)

W_k^m Wege pro Person und Jahr mit dem Verkehrsmittel m in der Alterskohorte k (für die Szenarien wurden einheitlich 250 Wege pro Jahr angenommen)

dWL_k^m Durchschnittliche Weglänge (km) Verkehrsmittel m in der Alterskohorte k (für die Szenarien wurden einheitlich 7,5 km pro Weg angenommen)

Aus der Gesamtmortalitätsrate (Tabelle 9) und den Mortalitätsraten durch Verkehrsunfälle der zu vergleichenden Szenarien nach Formel 8 wird das relative Mortalitätsrisiko durch Verkehrsunfälle berechnet (Formel 9).

$$RR_k^u = \frac{MR_k^g + MR_k^u(S) - MR_k^u(0)}{MR_k^g}$$

Formel 9: Relatives Mortalitätsrisiko Verkehrsunfälle; nach (de Hartog et al., 2010)

Legende:

RR_k^u Relatives Mortalitätsrisiko durch Verkehrsunfälle in der Alterskohorte k

MR_k^g Mortalitätsrate gesamt der Alterskohorte k Szenario S (Wahrscheinlichkeit einer Person im Beobachtungsjahr zu sterben)

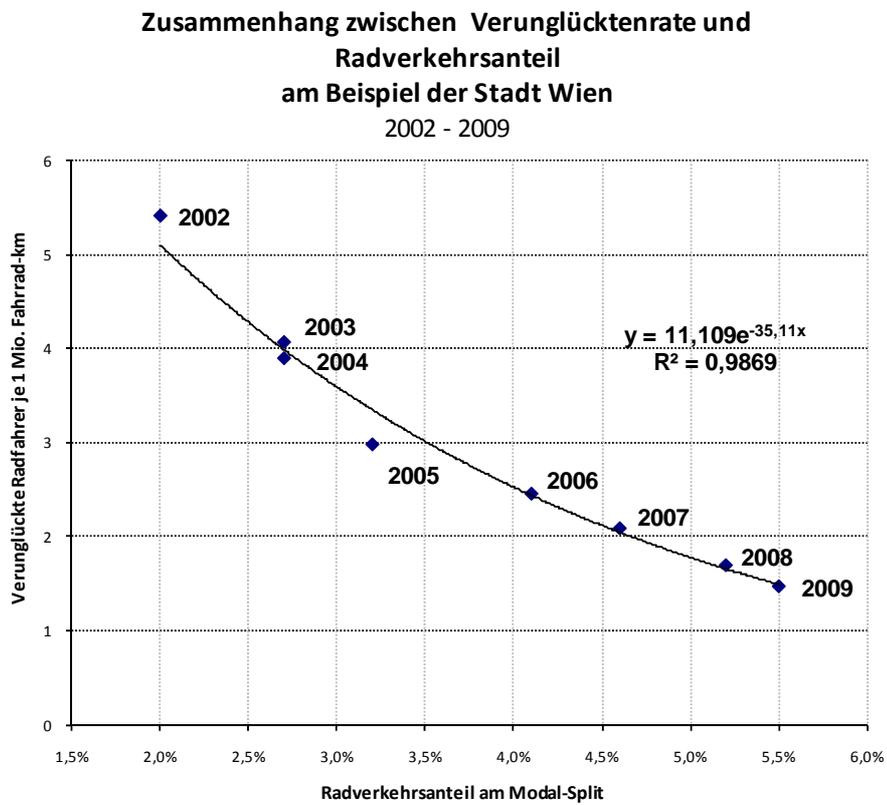
$MR_k^u(S)$ Mortalitätsrate Verkehrsunfälle der Alterskohorte k Maßnahmenszenario

$MR_k^u(0)$ Mortalitätsrate Verkehrsunfälle der Alterskohorte k Basisszenario

2.5 „Safety by numbers“

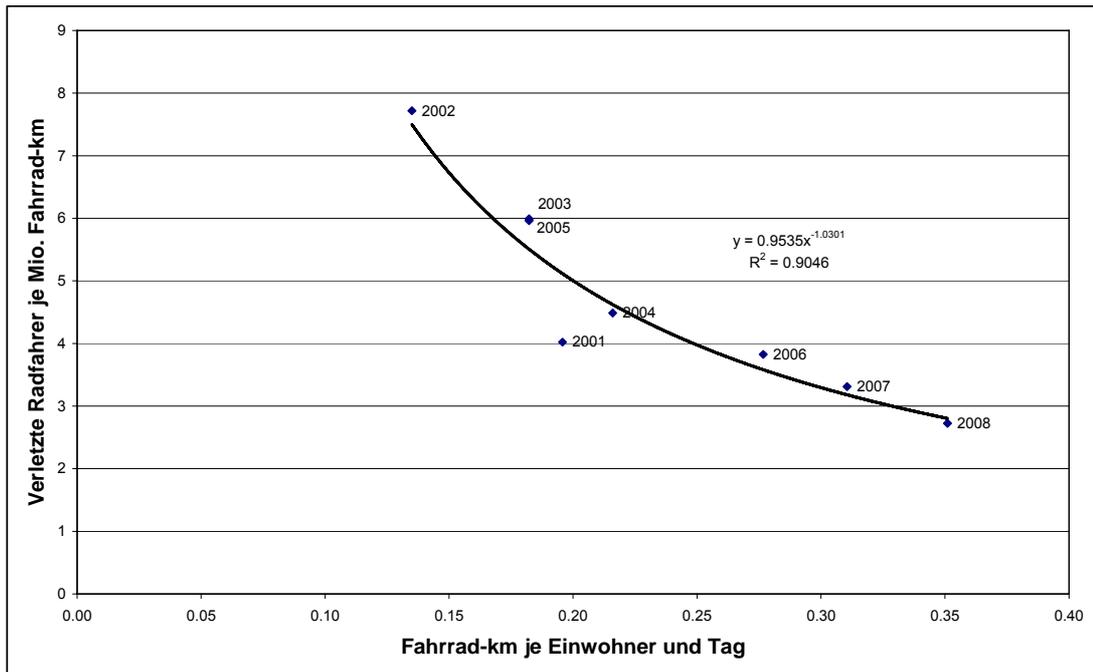
Verschiedene Studien zeigen, dass mit zunehmendem Radverkehrsanteil das Risiko für Radfahrer, im Straßenverkehr zu verunglücken, abnimmt (Jacobsen, 2003; Peck, 2009). Dieser Zusammenhang wird im Folgenden anhand von Zeitreihendaten der Stadt Wien

sowie einem Vergleich von zehn europäischen Ländern und 104 englischen Regionen dargestellt.

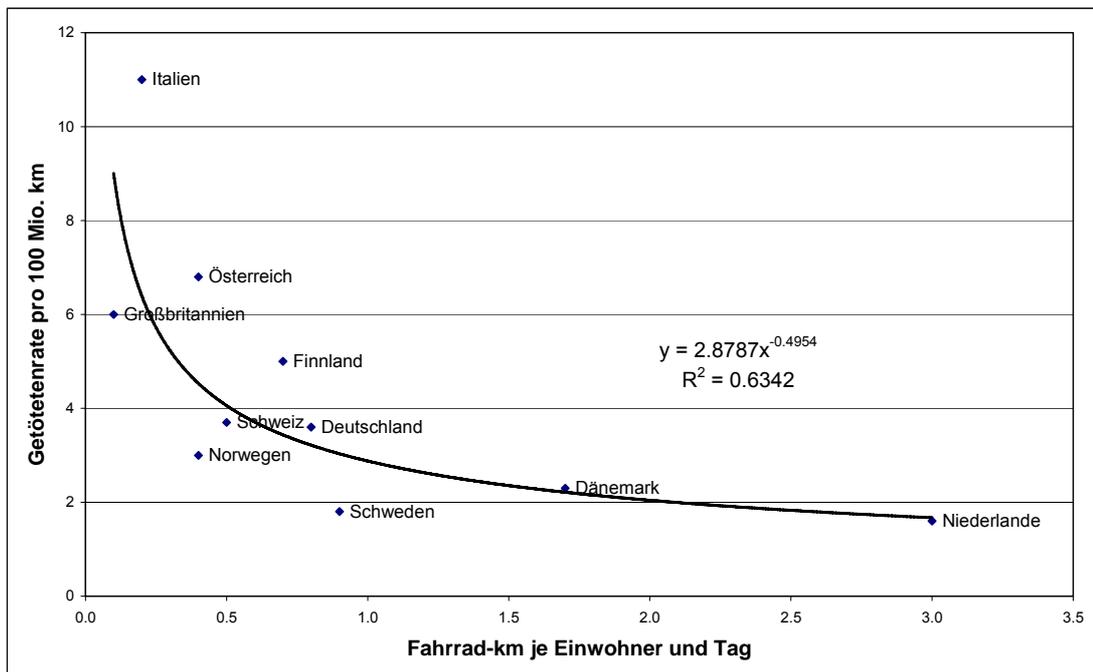


Quelle: (Socialdata, 2010; Stadt Wien, 2008), eigene Darstellung

Abbildung 6: Gegenüberstellung der Verunglücktenrate und Radverkehrsanteile in Wien, 2002 – 2009



Quelle: (BMVIT, 2010), www.kfv.at/unfallstatistik/, Bevölkerungsstatistik, eigene Darstellung
 Abbildung 7: Gegenüberstellung der Verunglücktenrate und der zurückgelegten Fahrradkilometer je Einwohner in Wien, 2002 – 2008



Quelle: (BMVIT, 2010), eigene Darstellung
 Abbildung 8: Gegenüberstellung der Getötetenrate und der zurückgelegten Fahrradkilometer je Einwohner in Europa

$E_k^R(S)$ mit dem Verkehrsmittel Rad in der Alterskohorte k zurückgelegte Entfernung
Basisszenario 0 (km/Person und Tag)

2.6 Körperliche Fitness

Die direkte Untersuchung der gesundheitlich positiven Effekte des Radfahrens war nicht Gegenstand des Projekts BikeRisk. Es wird daher bei der Berechnung der durch eine verbesserte körperliche Fitness gewonnenen Lebensjahre auf die Ergebnisse des vom Fonds Gesundes Österreich geförderten Projekts „Gesundheitlicher Nutzen des Radfahrens als Transportmittel“ (Oja et al., 2010) und andere Literaturstellen (de Hartog et al., 2010) zurückgegriffen.

Als Basis zur Bestimmung der gesundheitlich positiven Effekte des Radfahrens wurden die sogenannten MET-Stunden gewählt. MET-Stunden sind ein Konzept, mit dem der Energieverbrauch durch körperliche Aktivitäten quantifiziert werden kann. *Das metabolische Äquivalent (MET) beschreibt den Energieumsatz als ein Vielfaches des Ruheumsatzes (= 1 MET). Für Zu-Fuß-Gehen ins Büro werden durchschnittlich 3,5 METs veranschlagt, für Radfahren ins Büro bereits 6 METs; z. B. ergeben fünfmal pro Woche 30 Minuten Radfahren ins Büro und wieder zurück pro Tag 6 MET-Stunden (6 MET x 1 Stunde) und pro Woche 30 MET-Stunden (6 MET x 1 Stunde x 5)* (Oja et al., 2010) S. 35.

$$METh_k = \sum_t MET_k^t * T_k^t$$

Formel 11: Berechnung der täglichen MET-Stunden; nach (Oja et al., 2010)

Legende:

k Index für die Alterskohorte (18–24 Jahre, 25–34 Jahre, 35–49 Jahre, 50–64 Jahre, 65 und älter)

t Aktivitäten (Schlaf, Radfahren, Pkw-Lenker, Rest)

$METH_k$ MET-Stunden in der Altersgruppe k (MET-h)

MET_k^t Metabolisches Äquivalent der Tätigkeit t in der Altersgruppe k (MET)

T_k^t Durchschnittliche tägliche Dauer der Aktivität t in der Alterskohorte k (h/d)

Es kann davon ausgegangen werden, dass das Risiko für die Gesamtsterblichkeit mit ansteigender Radfahrdosis abnimmt. *Zwischen dem Ausmaß des Radfahrens und den gesundheitlichen Wirkungen besteht ein positiver Dosis-Wirkungs-Zusammenhang* (Oja et al., 2010) S. 24. Aus der Radfahrdosis in Form von MET-Stunden können Hazard Ratios abgeleitet werden. Diese sind ein Effektmaß für Überlebensdaten, das die Überlebensraten von zwei Gruppen, (z. B. körperlich aktive versus körperlich inaktive Personen) miteinander vergleicht (Oja et al., 2010). Hazard Ratios können als eine Näherung für das relative Risiko verwendet werden. Für die weiteren Berechnungen wurde der in Abbildung 10 dargestellte Zusammenhang zwischen Dosis und Wirkung verwendet. Mit steigender Dosis nehmen die zusätzlich erreichbaren, das Risiko senkenden Effekte ab. *Die Verbesserung der Herz-Kreislauf-Leistungsfähigkeit ist bei körperlich inaktiven Personen stärker ausgeprägt als bei*

solchen mit bereits höherem Fitnessgrad. Die Verbesserungen treten unabhängig von Lebensalter und Geschlecht auf (Oja et al., 2010) S. 24.

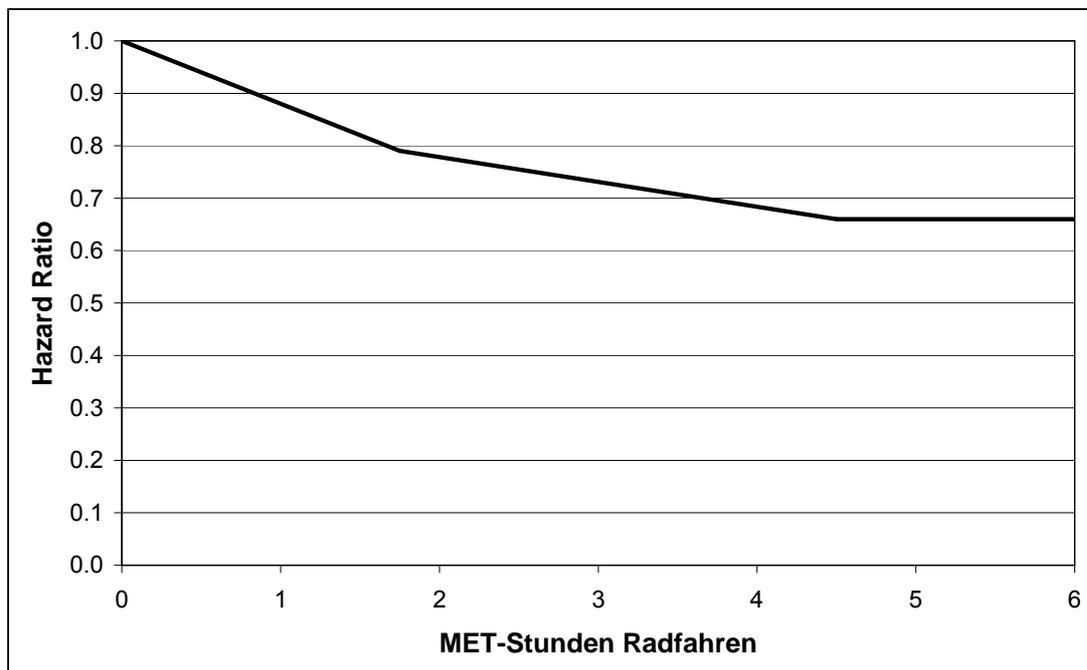


Abbildung 10: Angenommener Zusammenhang zwischen MET-Stunden und Hazard Ratios;
Quelle: eigene Berechnungen nach (Oja et al., 2010)

In (de Hartog et al., 2010) wird die Bandbreite des Effekts physischer Aktivitäten auf das relative Risiko mit 0.50 – 0.90 angegeben.

Aus dem Verhältnis der Hazard Ratios im Maßnahmenszenario und im Basisszenario kann das relative Mortalitätsrisiko durch die Effekte körperlicher Fitness berechnet werden (Formel 9).

$$RR_k^f = \frac{HR_k^f(S)}{HR_k^f(0)}$$

Formel 12: Relatives Mortalitätsrisiko körperliche Fitness

Legende:

RR_k^f Relatives Mortalitätsrisiko durch körperliche Fitness in der Alterskohorte k

$HR_k(S)$ Hazard Ratio der Alterskohorte k Maßnahmenszenario S

$HR_k(0)$ Hazard Ratio der Alterskohorte k Basisszenario 0

3 Bilanzierung der Risiko erhöhenden und mindernden Faktoren des Radfahrens

Im Folgenden werden zehn Szenarien eines Wechsels vom Pkw auf das Fahrrad auf Alltagswegen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf gewonnene und verlorene Lebenszeit untersucht. Die Szenarien werden durch die Indikatoren täglich zurückgelegten Entfernung, Entwicklung der Unfallraten, gewählte Routen und Toxizität der Schadstoffbelastung im Verkehrsraum im Vergleich zur Hintergrundbelastung beschrieben. Tabelle 15 gibt einen Überblick über die Zusammensetzung der untersuchten Szenarios.

Tabelle 15: Definition der untersuchten Szenarios

Szenario	Mobilitätsverhalten	Individuell/ Kollektiv ^{a)}	Schadstoff- konzentration ^{b)}	Toxizität ^{c)}
1a	Vorher: 7,5 km/d Pkw-Fahrer Nachher: 7,5 km/d Fahrrad	Individuell	hoch	5-fach
1b	Vorher: 7,5 km/d Pkw-Fahrer Nachher: 7,5 km/d Fahrrad	Kollektiv	hoch	5-fach
1c	Vorher: 7,5 km/d Pkw-Fahrer Nachher: 7,5 km/d Fahrrad	Individuell	niedrig	5-fach
1d	Vorher: 7,5 km/d Pkw-Fahrer Nachher: 7,5 km/d Fahrrad	Individuell	hoch	1-fach
1e	Vorher: 7,5 km/d Pkw-Fahrer Nachher: 7,5 km/d Fahrrad	Kollektiv	niedrig	1-fach
2a	Vorher: 15 km/d Pkw-Fahrer Nachher: 15 km/d Fahrrad	Individuell	hoch	5-fach
2b	Vorher: 15 km/d Pkw-Fahrer Nachher: 15 km/d Fahrrad	Kollektiv	hoch	5-fach
2c	Vorher: 15 km/d Pkw-Fahrer Nachher: 15 km/d Fahrrad	Individuell	niedrig	5-fach
2d	Vorher: 15 km/d Pkw-Fahrer Nachher: 15 km/d Fahrrad	Individuell	hoch	1-fach
2e	Vorher: 15 km/d Pkw-Fahrer Nachher: 15 km/d Fahrrad	Kollektiv	niedrig	1-fach

a) *Individuell* = Änderung des Verhaltens eines einzelnen Verkehrsteilnehmers, Fahrrad-km pro Person und Tag bleiben gleich, kein „Safety by Numbers“-Effekt, Unfallraten bleiben gleich; *Kollektiv* = Änderung des Verhaltens des gesamten Kollektivs, Fahrrad-km pro Person und Tag erhöhen sich entsprechend den Annahmen, „Safety by Numbers“-Effekt reduziert die Unfallraten.

b) *hoch* = die Fahrradfahrer nutzen das allgemeine Straßennetz, das Verhältnis der PM2.5-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt **!Syntaxfehler**, *niedrig* = die Fahrradfahrer nutzen vorwiegend das verkehrberuhigte Straßennetz, das Verhältnis der PM2.5-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt **!Syntaxfehler**, . (der Effekt von Umwegen ist darin schon berücksichtigt).

c) *1-fach* = PM2.5 im Verkehrsraum hat gleiche Toxizität wie PM2.5 der Hintergrundbelastung; *5-fach* = PM2.5 im Verkehrsraum hat die fünffache Toxizität wie PM2.5 der Hintergrundbelastung.

3.1 Szenario 1: kurze Wege

3.1.1 Szenario 1a

Im Szenario 1a wird untersucht, wie sich ein Wechsel vom Pkw zum Fahrrad bei einer täglichen Pendeldistanz von 7,5 km auf die Lebenszeit einer individuellen Person in den verschiedenen Altersgruppen auswirkt. Es handelt sich dabei um die Änderung des Verhaltens eines einzelnen Verkehrsteilnehmers. D.h. die zurückgelegten Fahrradkilometer pro Person und Tag und damit auch die Unfallraten bleiben gleich. Die Fahrradfahrer nutzen das allgemeine Straßennetz, das Verhältnis der PM2.5-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt 0.87. Die Toxizität der PM2.5-zusammensetzung im Verkehrsraum ist fünffach höher als die PM2.5-Zusammensetzung der Hintergrundbelastung.

Tabelle 16: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 1a

Altersgruppe	Szenario	Aktivität	Atemvolumen (l/min.) ^a	MV Ratio Rad/Pkw ^a	Entfernung (km)	Geschwindigkeit (km/h) ^b	Dauer (h/d)	Konzentration PM2.5 (µg/m ³) ^c	Verhältnis Pkw/Rad ^c	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Tagesdosis (µg/d) ^d
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		186.4	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	16	0.5	29		28.4	263
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.9	
		Pendeln	12		7.5	43	0.2	33	1.15	4.2	242
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		185.6	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	14	0.5	29		32.4	266
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		190.0	
		Pendeln	12		7.5	45	0.2	33	1.15	4.0	242
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		185.6	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	14	0.5	29		32.4	266
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.8	
		Pendeln	12		7.5	41	0.2	33	1.15	4.4	242
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.3	20		183.8	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	11	0.7	29		41.3	273
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.8	
		Pendeln	12		7.5	40	0.2	33	1.15	4.5	242
65 und älter	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.2	20		182.0	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	9	0.8	29		50.5	280
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.0	
		Pendeln	12		7.5	30	0.3	33	1.15	6.0	243

a) Als typische Werte für das Atemvolumen der Aktivitäten Schlaf und Rest werden 5 und 10 l/min angenommen. Das Atemvolumen der Tätigkeit Autofahren wird gleich wie für die Tätigkeit Rest mit 10 l/min angenommen. Für das Atemvolumen der Aktivität Radfahren wird das 2,9 fache der Tätigkeit Autofahren angenommen. Dieser Wert stellt den Durchschnitt aus drei verschiedenen Studien dar. Siehe (de Hartog et al., 2011; de Hartog et al., 2010; Int Panis, 2011; Int Panis et al., 2010; Zuurbier et al., 2009).

b) Nach (Herry et al., 2010).

c) Die Konzentration vom PM2.5 während der Aktivitäten Schlaf und Rest wird mit der durchschnittlichen europäischen Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ bzw. 10 µg/m³ angenommen (de Hartog et al., 2010). Ausgehend von (de Hartog et al., 2010) und eigenen Messungen in Wien wird die PM2.5-Konzentration während des Radfahrens mit 29 µg/m³ und das Verhältnis der Konzentration Pkw/Fahrrad mit 1,15 angenommen.

d) Berechnung siehe Formel 3.

Tabelle 17 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Schadstoffbelastung in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 17: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 1a

Altersgruppe	Verhältnis Tagesdosis %Rad/Pkw	Durchschnitt PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a	Äquivalente Änderung in PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^b	RR Mortalität Verkehr 5x so toxisch ^d
18 bis 24 Jahre	1.09	20.10	1.7	1.051
25 bis 34 Jahre	1.10	20.09	2.0	1.060
35 bis 49 Jahre	1.10	20.10	2.0	1.059
50 bis 64 Jahre	1.13	20.10	2.6	1.077
65 und älter	1.15	20.14	3.1	1.095

a) Siehe Formel 3.

b) Siehe Formel 4.

d) Siehe Formel 5, fünffache Toxizität = 5.

Tabelle 18 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Verkehrsunfälle in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 18: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 1a

Altersgruppe	Szenario	Getötetenrate (je 100 Millionen Pkm) ^a	Wege/Jahr	Weglänge (km/Weg)	Entfernung (km/pers*a)	Mortalitätsrate ^b	RR Mortalität Unfälle ^c
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	2.67858	250	7.5	1875	5.02E-05	0.9992
	MIV	2.70223	250	7.5	1875	5.07E-05	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	1.19166	250	7.5	1875	2.23E-05	1.0170
	MIV	0.71803	250	7.5	1875	1.35E-05	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.49963	250	7.5	1875	2.81E-05	1.0117
	MIV	0.61011	250	7.5	1875	1.14E-05	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	3.06949	250	7.5	1875	5.76E-05	1.0074
	MIV	0.65418	250	7.5	1875	1.23E-05	
65 und älter	Fahrrad	8.75189	250	7.5	1875	1.64E-04	1.0054
	MIV	1.50261	250	7.5	1875	2.82E-05	

a) Nach Tabelle 14.

b) Siehe Formel 8.

c) Siehe Formel 9.

Tabelle 19 zeigt die Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness.

Tabelle 19: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 1a

Altersgruppe	Szenario	Zeit (h/d)	MET Fahrrade	Hazard Ratio	RR Mortalität Fitness
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	0.47	2.8	0.71	0.709
	MIV	0.17	0.0	1.00	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	0.54	3.2	0.70	0.697
	MIV	0.17	0.0	1.00	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	0.54	3.2	0.70	0.697
	MIV	0.18	0.0	1.00	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	0.68	4.1	0.67	0.672
	MIV	0.19	0.0	1.00	
65 und älter	Fahrrad	0.83	5.0	0.66	0.660
	MIV	0.25	0.0	1.00	

Tabelle 20 und Abbildung 11 bis Abbildung 15 zeigen die Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit.

Tabelle 20: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 1a

Altersgruppe	Relatives Risiko			Gewonnene Lebenszeit			
	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Gesamt
18 bis 24 Jahre	1.051	0.999	0.709	-4 Tage	0 Tage	3.5 Wochen	2.9 Wochen
25 bis 34 Jahre	1.060	1.017	0.697	-6 Tage	-2 Tage	1.1 Monat	3.4 Wochen
35 bis 49 Jahre	1.059	1.012	0.697	-3.0 Wochen	-4 Tage	3.6 Monate	2.8 Monate
50 bis 64 Jahre	1.077	1.007	0.672	-2.7 Monate	-1.1 Woche	11.6 Monate	8.6 Monate
65 und älter	1.095	1.005	0.660	-11.0 Monate	-2.7 Wochen	3.3 Jahre	2.3 Jahre

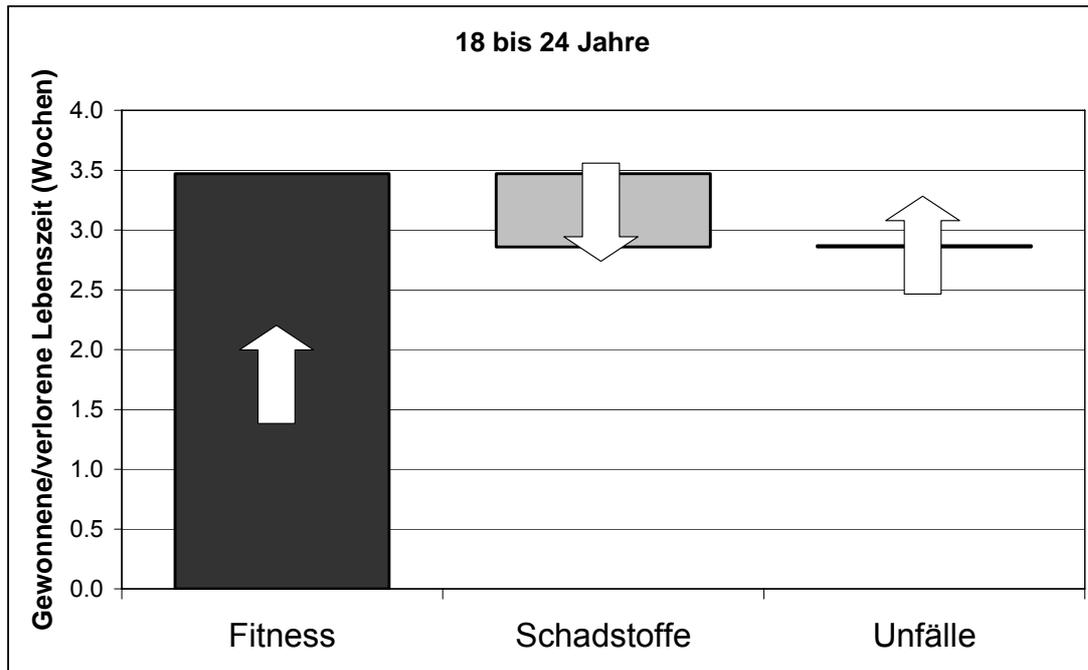


Abbildung 11: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 1a

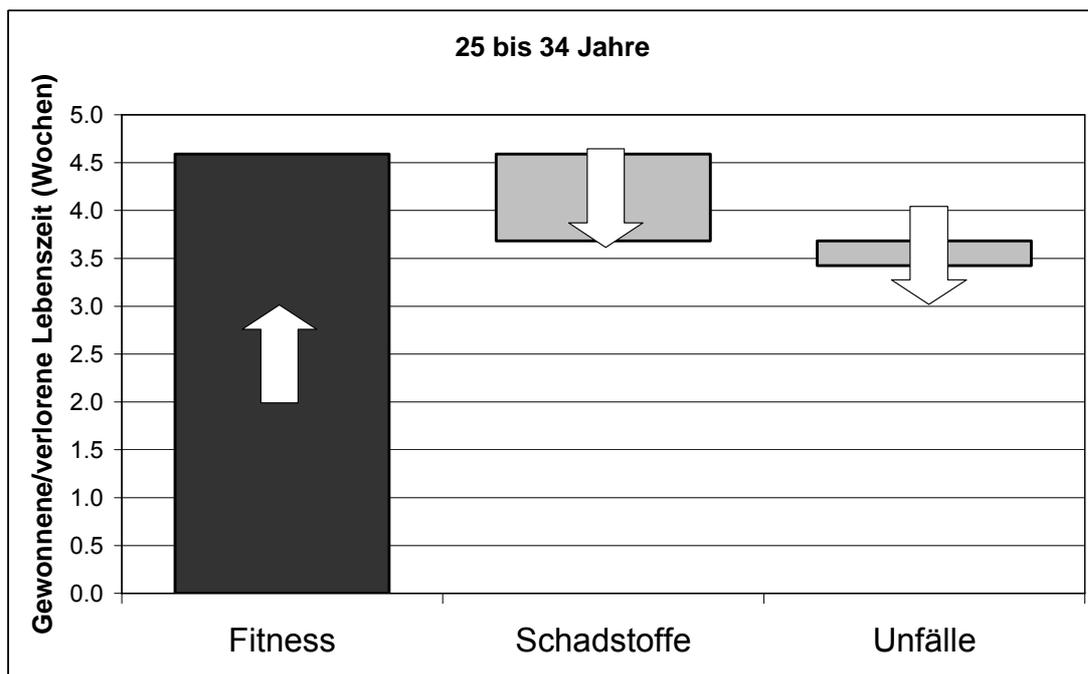


Abbildung 12: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 1a

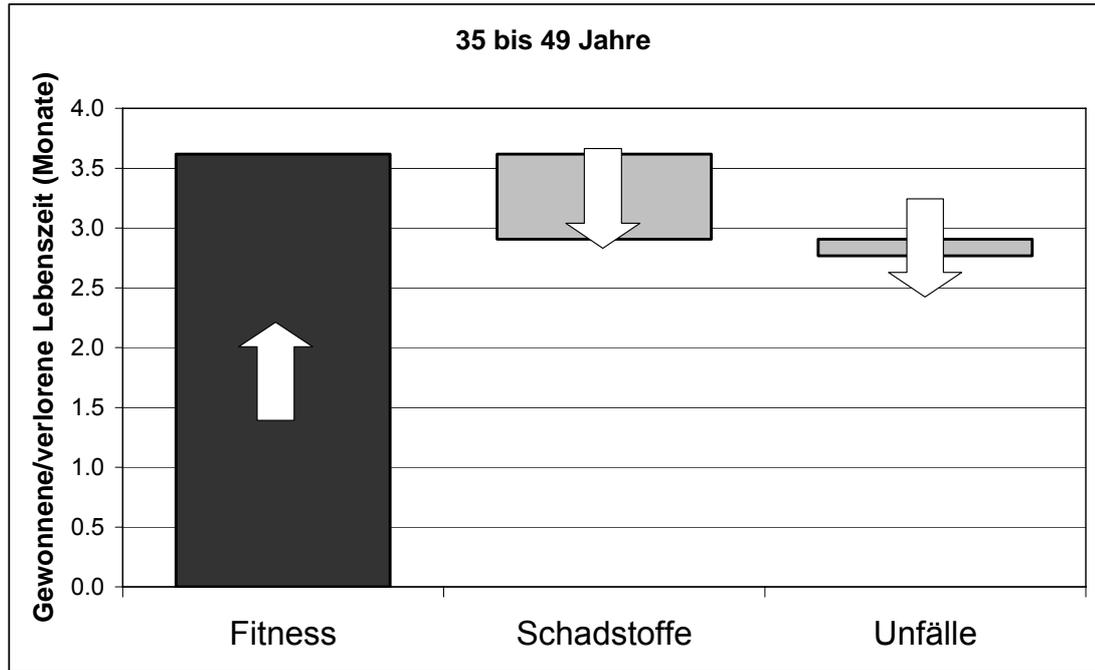


Abbildung 13: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 1a

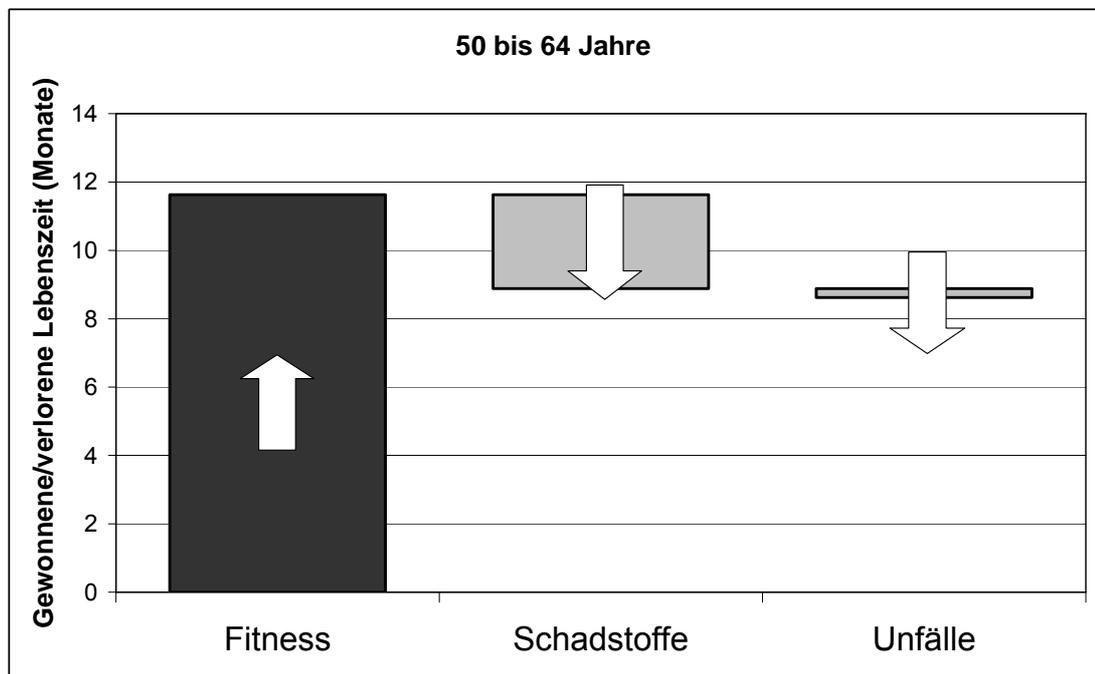


Abbildung 14: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 1a

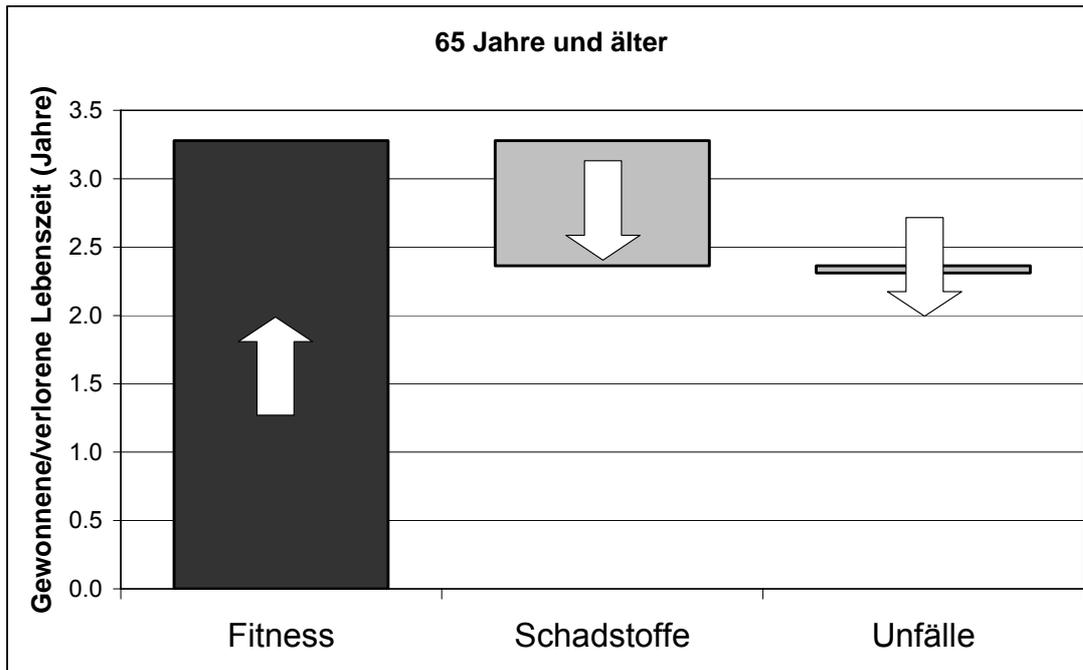


Abbildung 15: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 1a

3.1.2 Szenario 1b

Im Szenario 1b wird untersucht, wie sich ein Wechsel vom Pkw zum Fahrrad bei einer täglichen Pendeldistanz von 7,5 km auf die Lebenszeit einer individuellen Person in den verschiedenen Altersgruppen auswirkt. Hintergrund ist dabei die Änderung des Verhaltens eines größeren Kollektivs der Verkehrsteilnehmer. D.h. die zurückgelegten Fahrradkilometer pro Person und Tag verdoppeln sich und damit gehen die Unfallraten durch „Safety by Numbers“ Effekte zurück. Die Fahrradfahrer nutzen das allgemeine Straßennetz, das Verhältnis der PM2.5-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt 0.87. Die Toxizität der PM2.5-zusammensetzung im Verkehrsraum ist fünffach höher als die PM2.5-Zusammensetzung der Hintergrundbelastung.

Tabelle 21: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 1b

Altersgruppe	Szenario	Aktivität	Atemvolumen (l/min.) ^a	MV Ratio Rad/Pkw ^a	Entfernung (km)	Geschwindigkeit (km/h) ^b	Dauer (h/d)	Konzentration PM2.5 (µg/m ³) ^c	Verhältnis Pkw/Rad ^c	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Tagesdosis (µg/d) ^d
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		186.4	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	16	0.5	29		28.4	263
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.9	
		Pendeln	12		7.5	43	0.2	33	1.15	4.2	242
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		185.6	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	14	0.5	29		32.4	266
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		190.0	
		Pendeln	12		7.5	45	0.2	33	1.15	4.0	242
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		185.6	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	14	0.5	29		32.4	266
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.8	
		Pendeln	12		7.5	41	0.2	33	1.15	4.4	242
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.3	20		183.8	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	11	0.7	29		41.3	273
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.8	
		Pendeln	12		7.5	40	0.2	33	1.15	4.5	242
65 und älter	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.2	20		182.0	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	9	0.8	29		50.5	280
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.0	
		Pendeln	12		7.5	30	0.3	33	1.15	6.0	243

a) Als typische Werte für das Atemvolumen der Aktivitäten Schlaf und Rest werden 5 und 10 l/min angenommen. Das Atemvolumen der Tätigkeit Autofahren wird gleich wie für die Tätigkeit Rest mit 10 l/min angenommen. Für das Atemvolumen der Aktivität Radfahren wird das 2,9 fache der Tätigkeit Autofahren angenommen. Dieser Wert stellt den Durchschnitt aus drei verschiedenen Studien dar. Siehe (de Hartog et al., 2011; de Hartog et al., 2010; Int Panis, 2011; Int Panis et al., 2010; Zuurbier et al., 2009).

b) Nach (Herry et al., 2010).

c) Die Konzentration vom PM2.5 während der Aktivitäten Schlaf und Rest wird mit der durchschnittlichen europäischen Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ bzw. 10 µg/m³ angenommen (de Hartog et al., 2010). Ausgehend von (de Hartog et al., 2010) und eigenen Messungen in Wien wird die PM2.5-Konzentration während des Radfahrens mit 29 µg/m³ und das Verhältnis der Konzentration Pkw/Fahrrad mit 1,15 angenommen.

d) Berechnung siehe Formel 3.

Tabelle 22 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Schadstoffbelastung in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 22: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 1b

Altersgruppe	Verhältnis Tagesdosis %Rad/Pkw	Durchschnitt PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a	Äquivalente Änderung in PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^b	RR Mortalität Verkehr 5x so toxisch ^d
18 bis 24 Jahre	1.09	20.10	1.7	1.051
25 bis 34 Jahre	1.10	20.09	2.0	1.060
35 bis 49 Jahre	1.10	20.10	2.0	1.059
50 bis 64 Jahre	1.13	20.10	2.6	1.077
65 und älter	1.15	20.14	3.1	1.095

a) Siehe Formel 3.

b) Siehe Formel 4.

d) Siehe Formel 5, fünffache Toxizität = 5.

Tabelle 23 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Verkehrsunfälle in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 23: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 1b

Altersgruppe	Szenario	Getötetenrate (je 100 Millionen Pkm) ^a	Wege/Jahr	Weglänge (km/Weg)	Entfernung (km/pers*a)	Mortalitätsrate ^b	RR Mortalität Unfälle ^c
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	2.01962	250	7.5	1875	3.79E-05	0.9755
	MIV	2.70223	250	7.5	1875	5.07E-05	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	0.89850	250	7.5	1875	1.68E-05	1.0065
	MIV	0.71803	250	7.5	1875	1.35E-05	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.13070	250	7.5	1875	2.12E-05	1.0068
	MIV	0.61011	250	7.5	1875	1.14E-05	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	2.31436	250	7.5	1875	4.34E-05	1.0051
	MIV	0.65418	250	7.5	1875	1.23E-05	
65 und älter	Fahrrad	6.59883	250	7.5	1875	1.24E-04	1.0038
	MIV	1.50261	250	7.5	1875	2.82E-05	

a) Nach Tabelle 14.

b) Siehe Formel 8.

c) Siehe Formel 9.

Tabelle 24 zeigt die Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness.

Tabelle 24: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 1b

Altersgruppe	Szenario	Zeit (h/d)	MET Fahrrade	Hazard Ratio	RR Mortalität Fitness
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	0.47	2.8	0.71	0.709
	MIV	0.17	0.0	1.00	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	0.54	3.2	0.70	0.697
	MIV	0.17	0.0	1.00	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	0.54	3.2	0.70	0.697
	MIV	0.18	0.0	1.00	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	0.68	4.1	0.67	0.672
	MIV	0.19	0.0	1.00	
65 und älter	Fahrrad	0.83	5.0	0.66	0.660
	MIV	0.25	0.0	1.00	

Tabelle 25 und Abbildung 16 bis Abbildung 20 zeigen die Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit.

Tabelle 25: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 1b

Altersgruppe	Relatives Risiko			Gewonnene Lebenszeit			
	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Gesamt
18 bis 24 Jahre	1.051	0.976	0.709	-4 Tage	2 Tage	3.5 Wochen	3.2 Wochen
25 bis 34 Jahre	1.060	1.006	0.697	-6 Tage	-1 Tage	1.1 Monat	3.6 Wochen
35 bis 49 Jahre	1.059	1.007	0.697	-3.0 Wochen	-2 Tage	3.6 Monate	2.8 Monate
50 bis 64 Jahre	1.077	1.005	0.672	-2.7 Monate	-5 Tage	11.6 Monate	8.7 Monate
65 und älter	1.095	1.004	0.660	-11.0 Monate	-1.9 Wochen	3.3 Jahre	2.3 Jahre

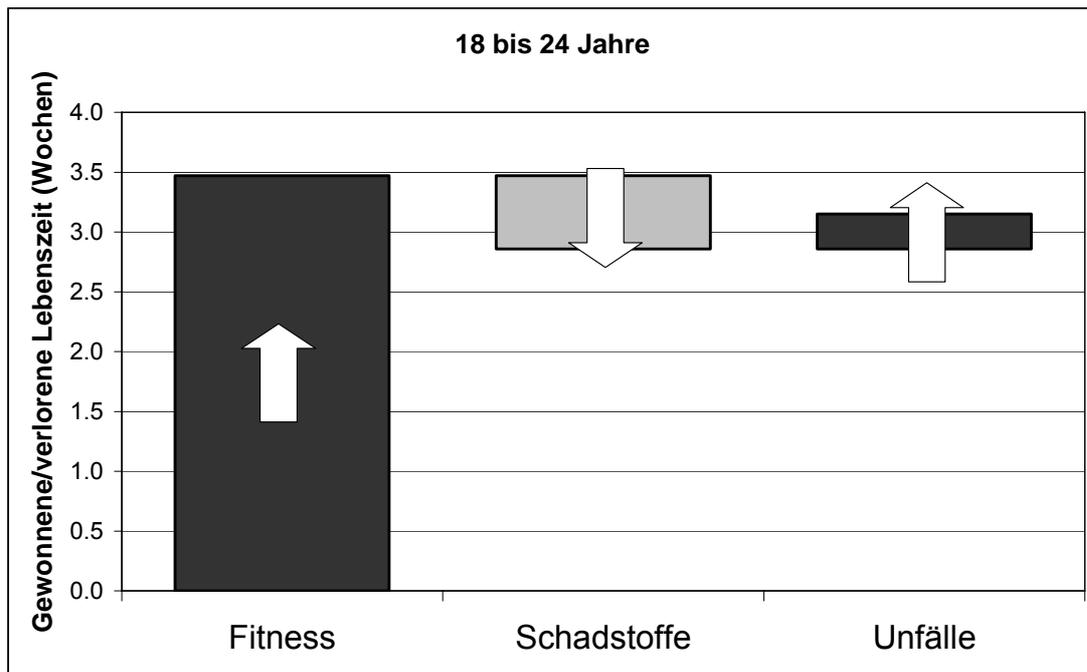


Abbildung 16: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 1b

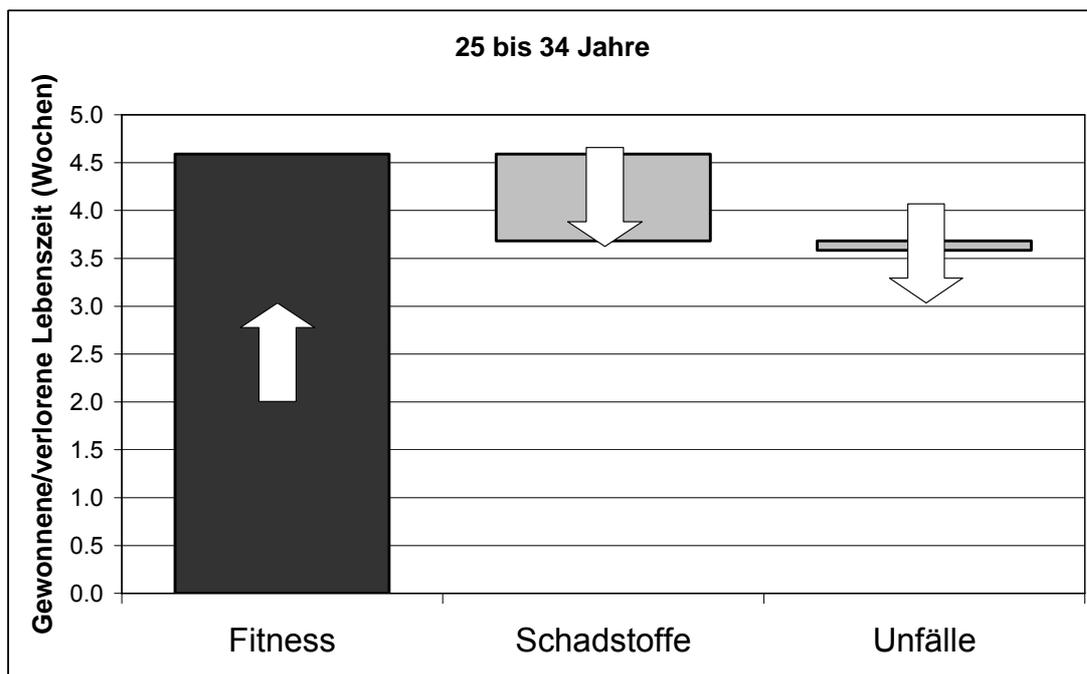


Abbildung 17: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 1b

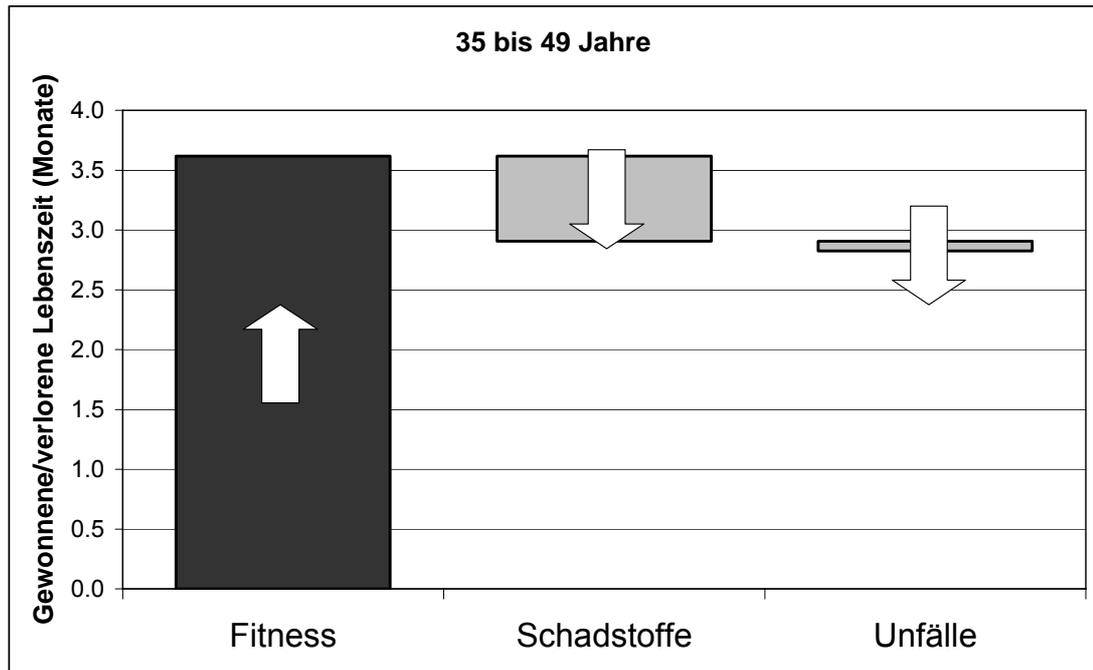


Abbildung 18: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 1b

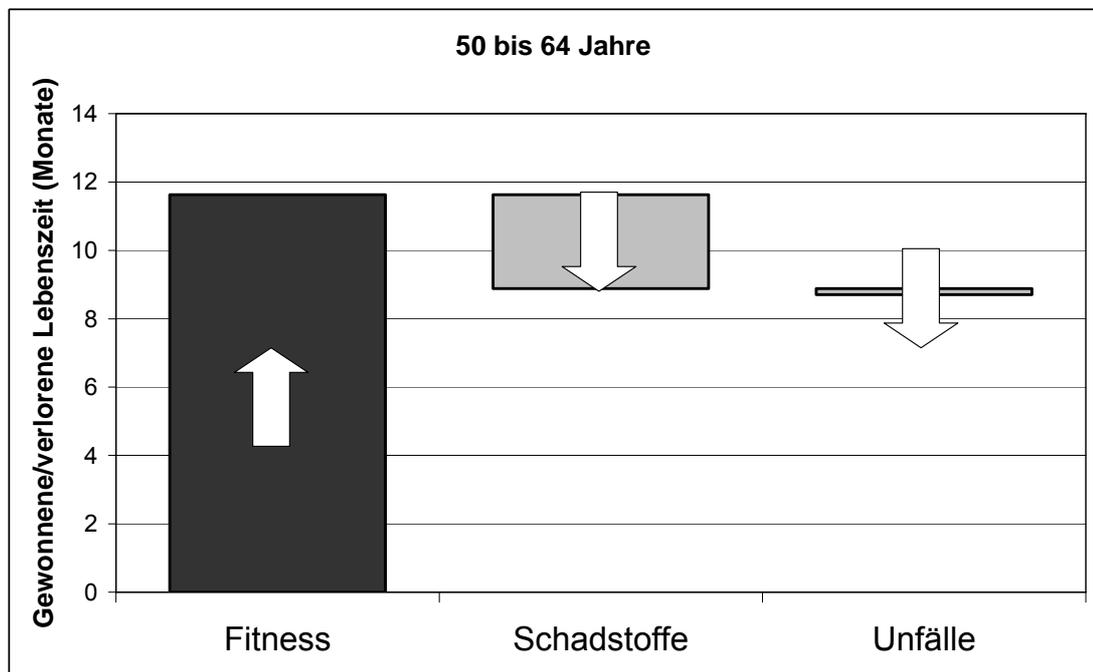


Abbildung 19: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 1b

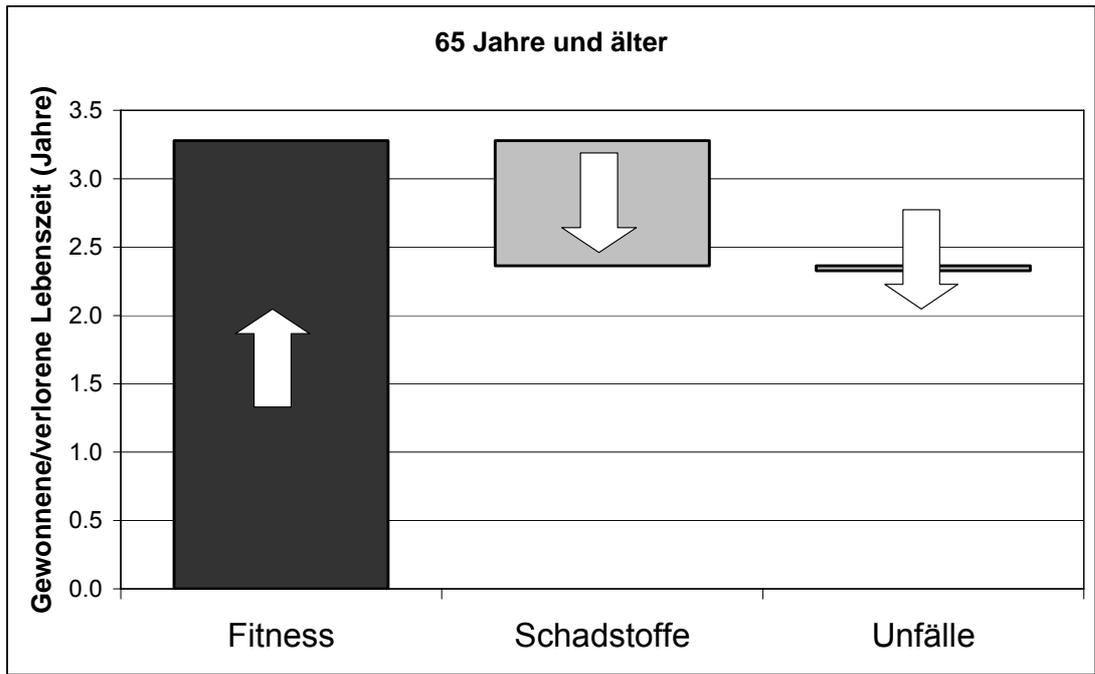


Abbildung 20: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 1a

3.1.3 Szenario 1c

Im Szenario 1c wird untersucht, wie sich ein Wechsel vom Pkw zum Fahrrad bei einer täglichen Pendeldistanz von 7,5 km auf die Lebenszeit einer individuellen Person in den verschiedenen Altersgruppen auswirkt. Es handelt sich dabei um die Änderung des Verhaltens eines einzelnen Verkehrsteilnehmer. D.h. die zurückgelegten Fahrradkilometer pro Person und Tag und damit auch die Unfallraten bleiben gleich. Die Fahrradfahrer nutzen hauptsächlich verkehrsberuhigte Straßen, das Verhältnis der PM2.5-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt 0.74. Die Toxizität der PM2.5-Zusammensetzung im Verkehrsraum ist fünffach höher als die PM2.5-Zusammensetzung der Hintergrundbelastung.

Tabelle 26: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 1c

Altersgruppe	Szenario	Aktivität	Atemvolumen (l/min.) ^a	MV Ratio Rad/Pkw ^a	Entfernung (km)	Geschwindigkeit (km/h) ^b	Dauer (h/d)	Konzentration PM2.5 (µg/m ³) ^c	Verhältnis Pkw/Rad ^c	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Tagesdosis (µg/d) ^d
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		186.4	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	16	0.5	24		23.9	258
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.9	
		Pendeln	12		7.5	43	0.2	33	1.35	4.1	242
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		185.6	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	14	0.5	24		27.3	261
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		190.0	
		Pendeln	12		7.5	45	0.2	33	1.35	4.0	242
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		185.6	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	14	0.5	24		27.3	261
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.8	
		Pendeln	12		7.5	41	0.2	33	1.35	4.3	242
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.3	20		183.8	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	11	0.7	24		34.8	267
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.8	
		Pendeln	12		7.5	40	0.2	33	1.35	4.5	242
65 und älter	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.2	20		182.0	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	9	0.8	24		42.5	272
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.0	
		Pendeln	12		7.5	30	0.3	33	1.35	5.9	243

a) Als typische Werte für das Atemvolumen der Aktivitäten Schlaf und Rest werden 5 und 10 l/min angenommen. Das Atemvolumen der Tätigkeit Autofahren wird gleich wie für die Tätigkeit Rest mit 10 l/min angenommen. Für das Atemvolumen der Aktivität Radfahren wird das 2,9 fache der Tätigkeit Autofahren angenommen. Dieser Wert stellt den Durchschnitt aus drei verschiedenen Studien dar. Siehe (de Hartog et al., 2011; de Hartog et al., 2010; Int Panis, 2011; Int Panis et al., 2010; Zuurbier et al., 2009).

b) Nach (Herry et al., 2010).

c) Die Konzentration vom PM2.5 während der Aktivitäten Schlaf und Rest wird mit der durchschnittlichen europäischen Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ bzw. 10 µg/m³ angenommen (de Hartog et al., 2010). Ausgehend von (de Hartog et al., 2010) und eigenen Messungen in Wien wird die PM2.5-Konzentration während des Radfahrens mit 29 µg/m³ und das Verhältnis der Konzentration Pkw/Fahrrad mit 1,15 angenommen.

d) Berechnung siehe Formel 3.

Tabelle 27 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Schadstoffbelastung in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 27: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 1c

Altersgruppe	Verhältnis Tagesdosis %Rad/Pkw	Durchschnitt PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a	Äquivalente Änderung in PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^b	RR Mortalität Verkehr 5x so toxisch ^d
18 bis 24 Jahre	1.07	20.09	1.3	1.040
25 bis 34 Jahre	1.08	20.09	1.6	1.047
35 bis 49 Jahre	1.08	20.10	1.6	1.046
50 bis 64 Jahre	1.10	20.10	2.0	1.061
65 und älter	1.12	20.14	2.4	1.074

a) Siehe Formel 3.

b) Siehe Formel 4.

d) Siehe Formel 5, fünffache Toxizität = 5.

Tabelle 28 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Verkehrsunfälle in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 28: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 1c

Altersgruppe	Szenario	Getötetenrate (je 100 Millionen Pkm) ^a	Wege/Jahr	Weglänge (km/Weg)	Entfernung (km/pers*a)	Mortalitätsrate ^b	RR Mortalität Unfälle ^c
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	2.67858	250	7.5	1875	5.02E-05	0.9992
	MIV	2.70223	250	7.5	1875	5.07E-05	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	1.19166	250	7.5	1875	2.23E-05	1.0170
	MIV	0.71803	250	7.5	1875	1.35E-05	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.49963	250	7.5	1875	2.81E-05	1.0117
	MIV	0.61011	250	7.5	1875	1.14E-05	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	3.06949	250	7.5	1875	5.76E-05	1.0074
	MIV	0.65418	250	7.5	1875	1.23E-05	
65 und älter	Fahrrad	8.75189	250	7.5	1875	1.64E-04	1.0054
	MIV	1.50261	250	7.5	1875	2.82E-05	

a) Nach Tabelle 14.

b) Siehe Formel 8.

c) Siehe Formel 9.

Tabelle 29 zeigt die Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness.

Tabelle 29: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 1c

Altersgruppe	Szenario	Zeit (h/d)	MET Fahrrade	Hazard Ratio	RR Mortalität Fitness
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	0.47	2.8	0.71	0.709
	MIV	0.17	0.0	1.00	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	0.54	3.2	0.70	0.697
	MIV	0.17	0.0	1.00	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	0.54	3.2	0.70	0.697
	MIV	0.18	0.0	1.00	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	0.68	4.1	0.67	0.672
	MIV	0.19	0.0	1.00	
65 und älter	Fahrrad	0.83	5.0	0.66	0.660
	MIV	0.25	0.0	1.00	

Tabelle 30 und Abbildung 21 bis Abbildung 25 zeigen die Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit.

Tabelle 30: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 1c

Altersgruppe	Relatives Risiko			Gewonnene Lebenszeit			
	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Gesamt
18 bis 24 Jahre	1.040	0.999	0.709	-3 Tage	0 Tage	3.5 Wochen	3.0 Wochen
25 bis 34 Jahre	1.047	1.017	0.697	-5 Tage	-2 Tage	1.1 Monat	3.6 Wochen
35 bis 49 Jahre	1.046	1.012	0.697	-2.4 Wochen	-4 Tage	3.6 Monate	2.9 Monate
50 bis 64 Jahre	1.061	1.007	0.672	-2.2 Monate	-1.1 Woche	11.6 Monate	9.2 Monate
65 und älter	1.074	1.005	0.660	-8.6 Monate	-2.7 Wochen	3.3 Jahre	2.5 Jahre

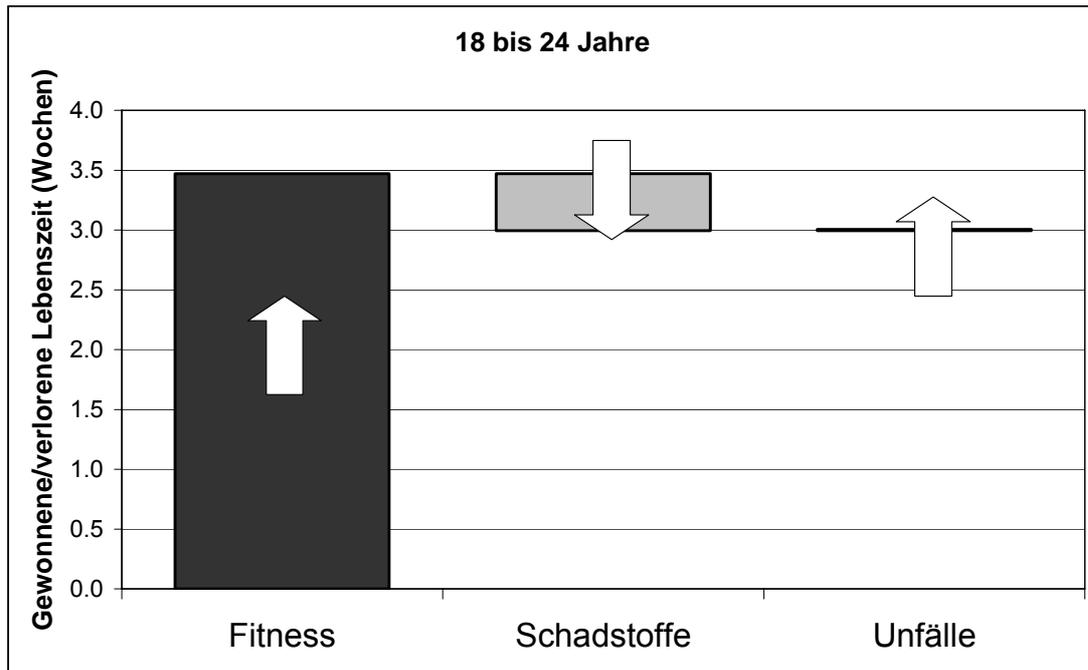


Abbildung 21: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 1c

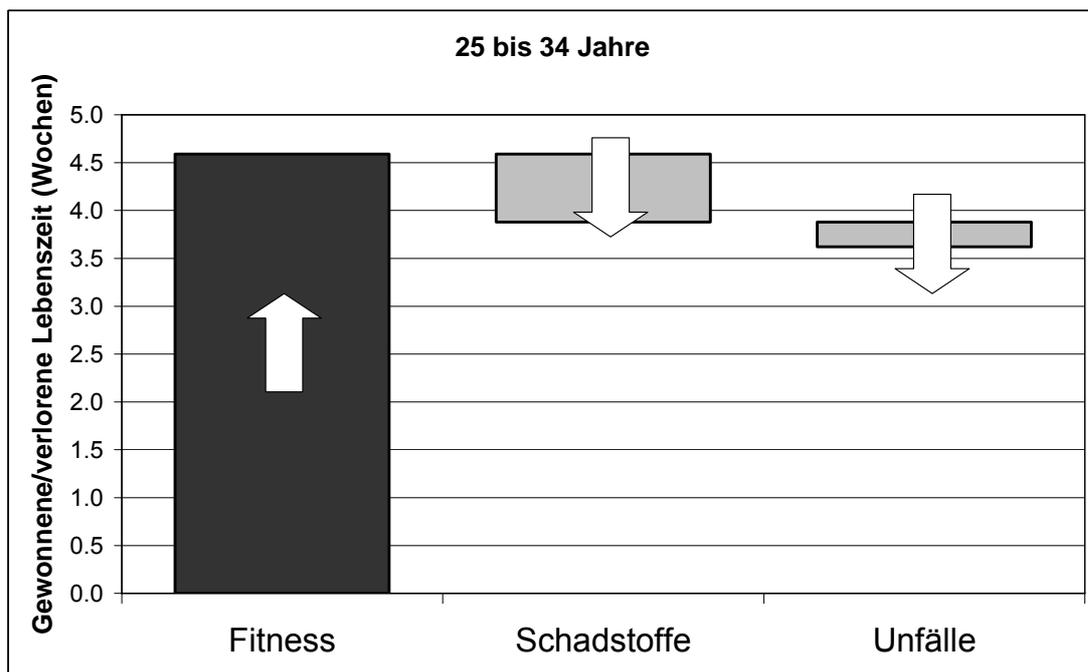


Abbildung 22: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 1c

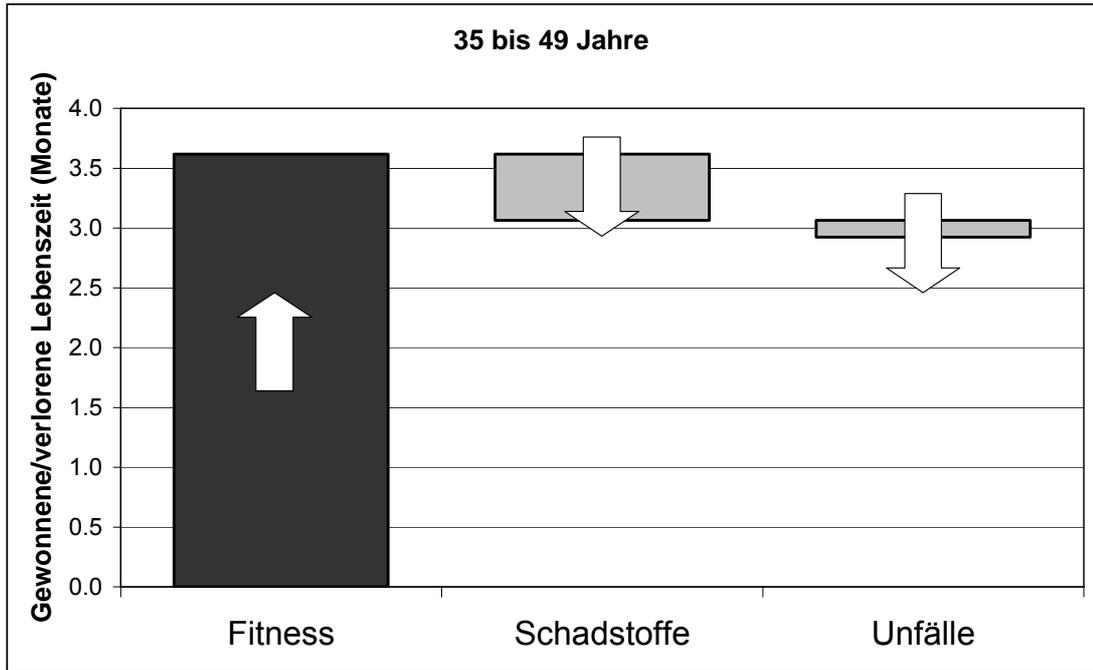


Abbildung 23: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 1c

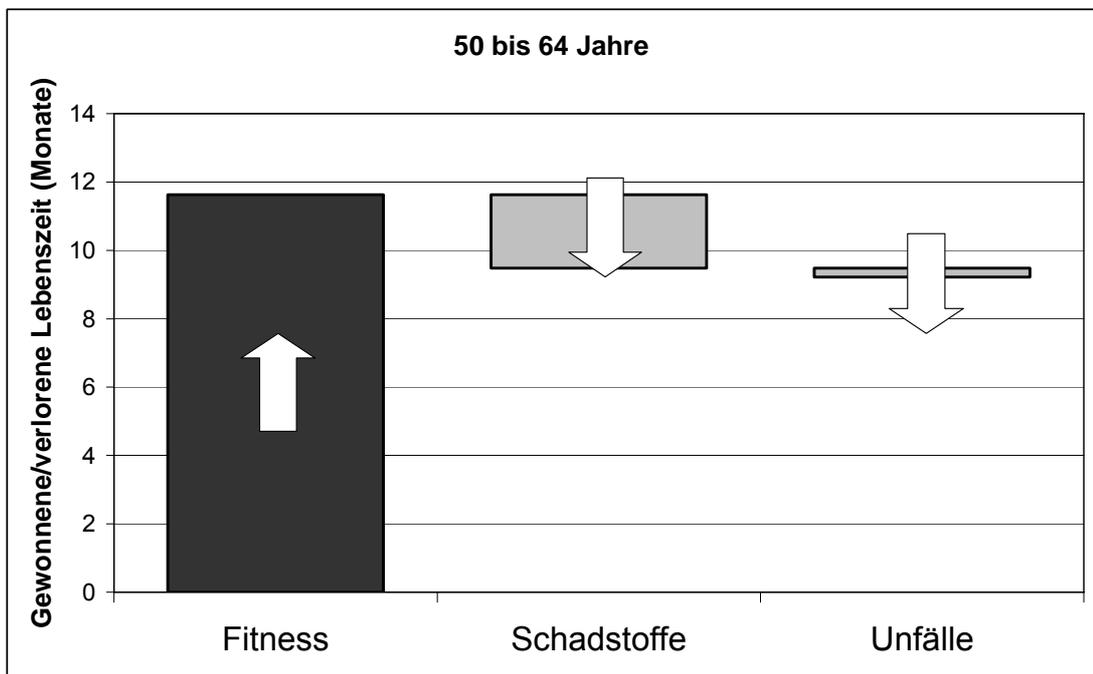


Abbildung 24: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 1c

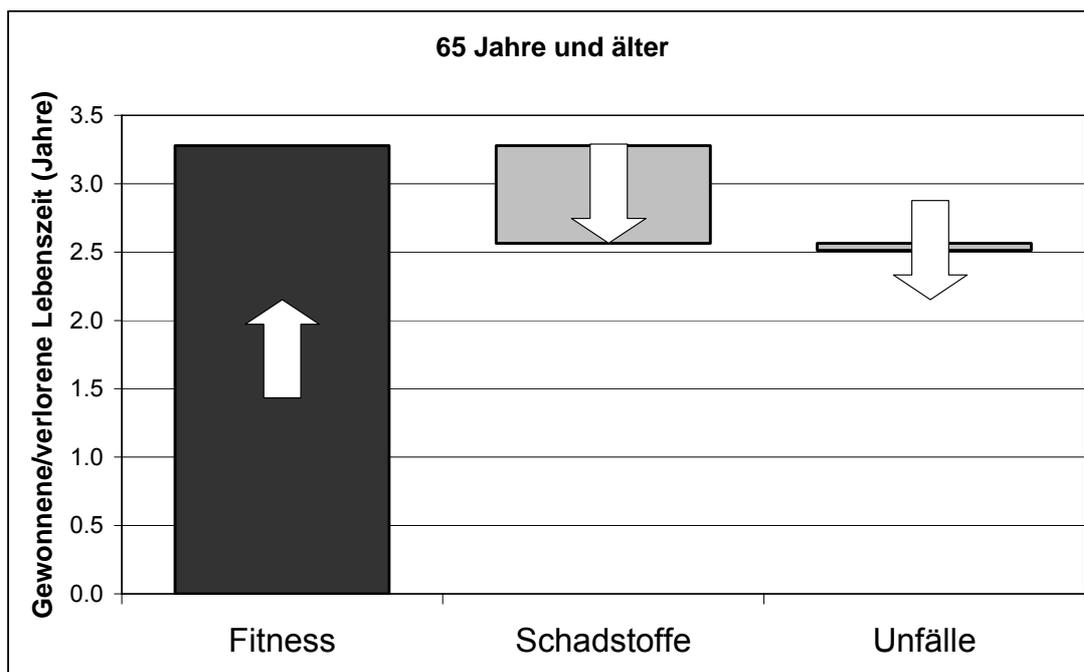


Abbildung 25: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 1c

3.1.4 Szenario 1d

Im Szenario 1d wird untersucht, wie sich ein Wechsel vom Pkw zum Fahrrad bei einer täglichen Pendeldistanz von 7,5 km auf die Lebenszeit einer individuellen Person in den verschiedenen Altersgruppen auswirkt. Es handelt sich dabei um die Änderung des Verhaltens eines einzelnen Verkehrsteilnehmer. D.h. die zurückgelegten Fahrradkilometer pro Person und Tag und damit auch die Unfallraten bleiben gleich. Die Fahrradfahrer nutzen das allgemeine Straßennetz, das Verhältnis der PM2.5-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt 0.87. Die Toxizität der PM2.5-zusammensetzung im Verkehrsraum ist gleich hoch wie die PM2.5-Zusammensetzung der Hintergrundbelastung.

Tabelle 31: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 1d

Altersgruppe	Szenario	Aktivität	Atemvolumen (l/min.) ^a	MV Ratio Rad/Pkw ^a	Entfernung (km)	Geschwindigkeit (km/h) ^b	Dauer (h/d)	Konzentration PM2.5 (µg/m ³) ^c	Verhältnis Pkw/Rad ^c	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Tagesdosis (µg/d) ^d
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		186.4	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	16	0.5	29		28.4	263
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.9	
		Pendeln	12		7.5	43	0.2	33	1.15	4.2	242
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		185.6	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	14	0.5	29		32.4	266
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		190.0	
		Pendeln	12		7.5	45	0.2	33	1.15	4.0	242
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		185.6	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	14	0.5	29		32.4	266
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.8	
		Pendeln	12		7.5	41	0.2	33	1.15	4.4	242
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.3	20		183.8	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	11	0.7	29		41.3	273
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.8	
		Pendeln	12		7.5	40	0.2	33	1.15	4.5	242
65 und älter	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.2	20		182.0	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	9	0.8	29		50.5	280
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.0	
		Pendeln	12		7.5	30	0.3	33	1.15	6.0	243

a) Als typische Werte für das Atemvolumen der Aktivitäten Schlaf und Rest werden 5 und 10 l/min angenommen. Das Atemvolumen der Tätigkeit Autofahren wird gleich wie für die Tätigkeit Rest mit 10 l/min angenommen. Für das Atemvolumen der Aktivität Radfahren wird das 2,9 fache der Tätigkeit Autofahren angenommen. Dieser Wert stellt den Durchschnitt aus drei verschiedenen Studien dar. Siehe (de Hartog et al., 2011; de Hartog et al., 2010; Int Panis, 2011; Int Panis et al., 2010; Zuurbier et al., 2009).

b) Nach (Herry et al., 2010).

c) Die Konzentration vom PM2.5 während der Aktivitäten Schlaf und Rest wird mit der durchschnittlichen europäischen Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ bzw. 10 µg/m³ angenommen (de Hartog et al., 2010). Ausgehend von (de Hartog et al., 2010) und eigenen Messungen in Wien wird die PM2.5-Konzentration während des Radfahrens mit 29 µg/m³ und das Verhältnis der Konzentration Pkw/Fahrrad mit 1,15 angenommen.

d) Berechnung siehe Formel 3.

Tabelle 32 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Schadstoffbelastung in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 32: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 1d

Altersgruppe	Verhältnis Tagesdosis %Rad/Pkw	Durchschnitt PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a	Äquivalente Änderung in PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^b	RR Mortalität Verkehr 1x so toxisch ^d
18 bis 24 Jahre	1.09	20.10	1.7	1.010
25 bis 34 Jahre	1.10	20.09	2.0	1.012
35 bis 49 Jahre	1.10	20.10	2.0	1.012
50 bis 64 Jahre	1.13	20.10	2.6	1.015
65 und älter	1.15	20.14	3.1	1.018

a) Siehe Formel 3.

b) Siehe Formel 4.

d) Siehe Formel 5, gleiche Toxizität = 1.

Tabelle 33 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Verkehrsunfälle in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 33: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 1d

Altersgruppe	Szenario	Getötetenrate (je 100 Millionen Pkm) ^a	Wege/Jahr	Weglänge (km/Weg)	Entfernung (km/pers*a)	Mortalitätsrate ^b	RR Mortalität Unfälle ^c
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	2.67858	250	7.5	1875	5.02E-05	0.9992
	MIV	2.70223	250	7.5	1875	5.07E-05	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	1.19166	250	7.5	1875	2.23E-05	1.0170
	MIV	0.71803	250	7.5	1875	1.35E-05	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.49963	250	7.5	1875	2.81E-05	1.0117
	MIV	0.61011	250	7.5	1875	1.14E-05	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	3.06949	250	7.5	1875	5.76E-05	1.0074
	MIV	0.65418	250	7.5	1875	1.23E-05	
65 und älter	Fahrrad	8.75189	250	7.5	1875	1.64E-04	1.0054
	MIV	1.50261	250	7.5	1875	2.82E-05	

a) Nach Tabelle 14.

b) Siehe Formel 8.

c) Siehe Formel 9.

Tabelle 34 zeigt die Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness.

Tabelle 34: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 1d

Altersgruppe	Szenario	Zeit (h/d)	MET Fahrrade	Hazard Ratio	RR Mortalität Fitness
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	0.47	2.8	0.71	0.709
	MIV	0.17	0.0	1.00	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	0.54	3.2	0.70	0.697
	MIV	0.17	0.0	1.00	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	0.54	3.2	0.70	0.697
	MIV	0.18	0.0	1.00	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	0.68	4.1	0.67	0.672
	MIV	0.19	0.0	1.00	
65 und älter	Fahrrad	0.83	5.0	0.66	0.660
	MIV	0.25	0.0	1.00	

Tabelle 35 und Abbildung 26 bis Abbildung 30 zeigen die Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit.

Tabelle 35: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 1d

Altersgruppe	Relatives Risiko			Gewonnene Lebenszeit			
	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Gesamt
18 bis 24 Jahre	1.010	0.999	0.709	-1 Tage	0 Tage	3.5 Wochen	3.4 Wochen
25 bis 34 Jahre	1.012	1.017	0.697	-1 Tage	-2 Tage	1.1 Monat	4.2 Wochen
35 bis 49 Jahre	1.012	1.012	0.697	-4 Tage	-4 Tage	3.6 Monate	3.3 Monate
50 bis 64 Jahre	1.015	1.007	0.672	-2.3 Wochen	-1.1 Woche	11.6 Monate	10.8 Monate
65 und älter	1.018	1.005	0.660	-2.1 Monate	-2.7 Wochen	3.3 Jahre	3.0 Jahre



Abbildung 26: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 1d

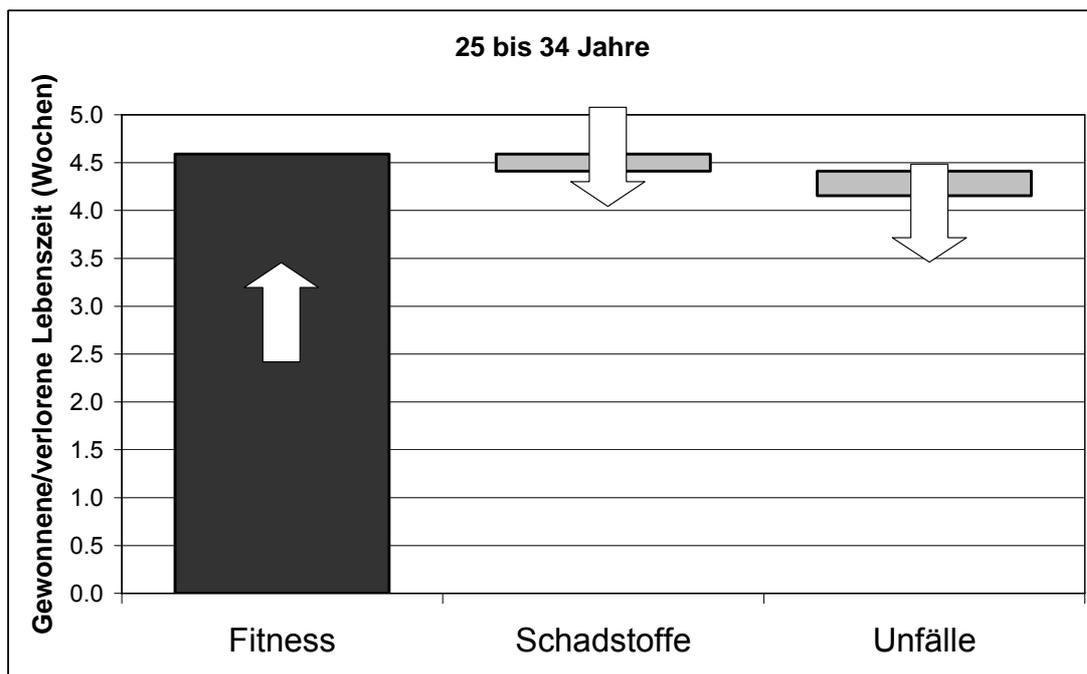


Abbildung 27: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 1d

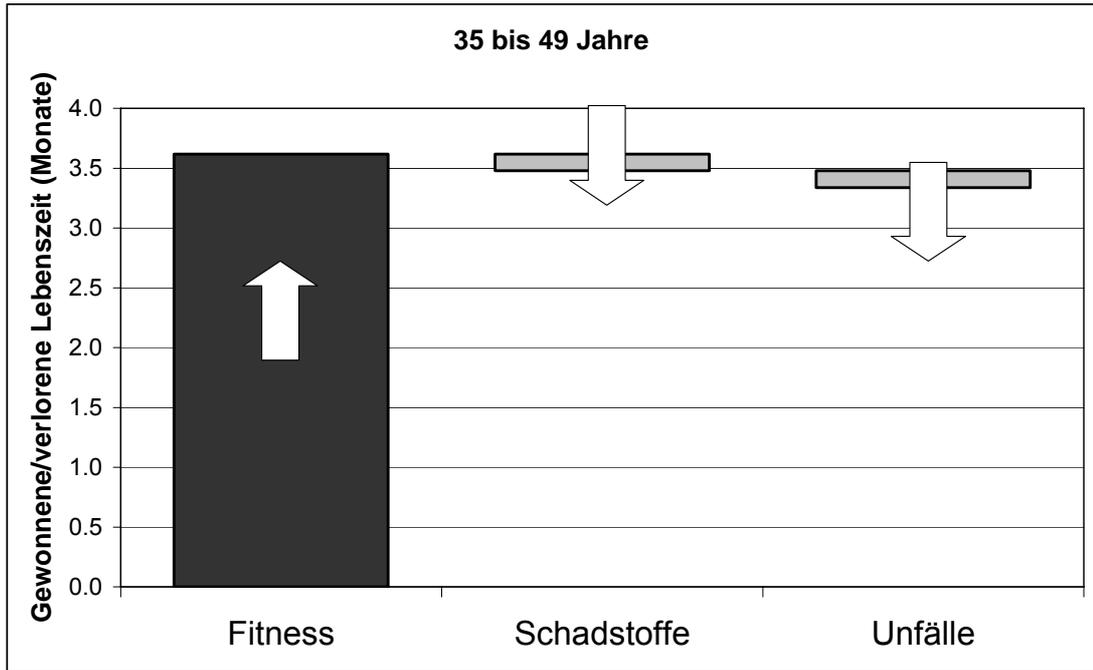


Abbildung 28: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 1d

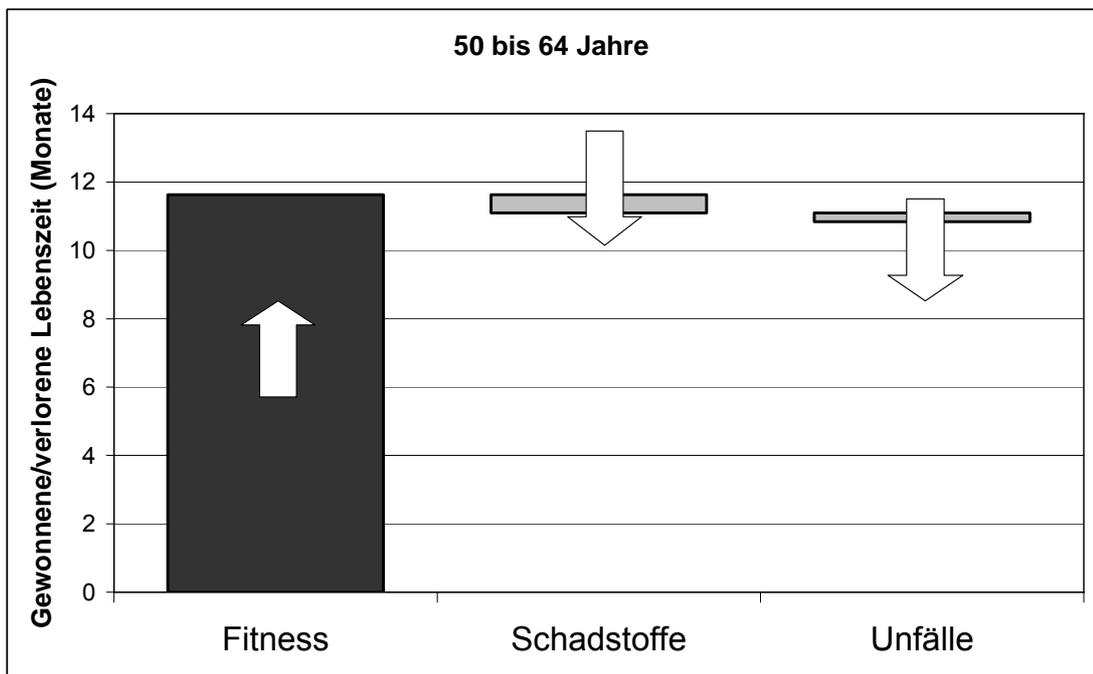


Abbildung 29: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 1d

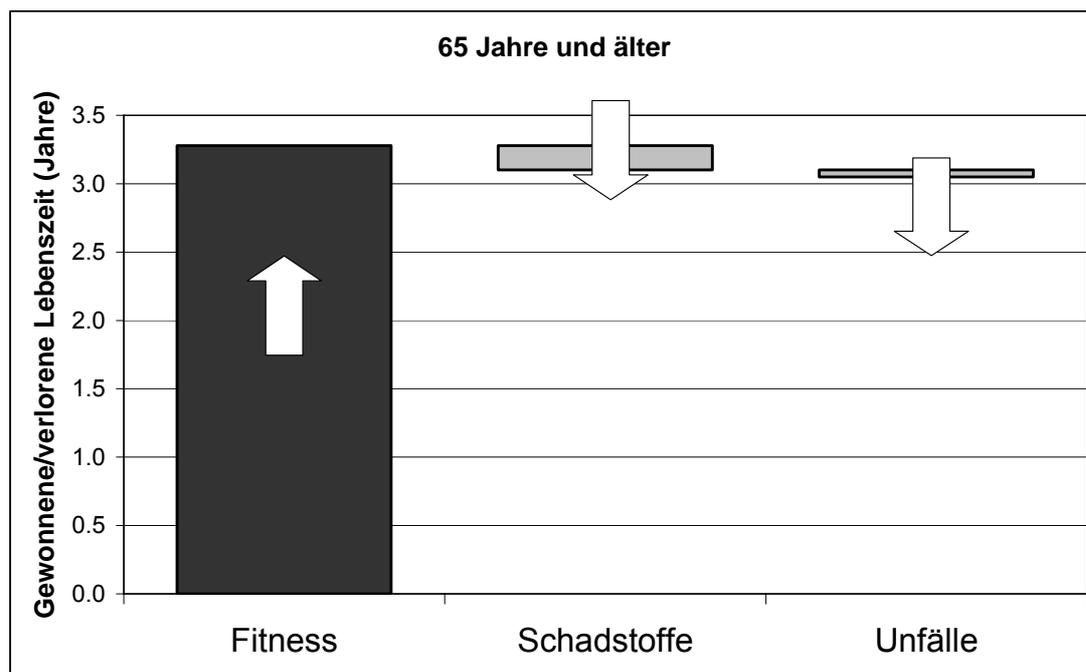


Abbildung 30: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 1d

3.1.5 Szenario 1e

Im Szenario 1e wird untersucht, wie sich ein Wechsel vom Pkw zum Fahrrad bei einer täglichen Pendeldistanz von 7,5 km auf die Lebenszeit einer individuellen Person in den verschiedenen Altersgruppen auswirkt. Hintergrund ist dabei die Änderung des Verhaltens eines größeren Kollektivs der Verkehrsteilnehmer. D.h. die zurückgelegten Fahrradkilometer pro Person und Tag verdoppeln sich und damit gehen die Unfallraten durch „Safety by Numbers“ Effekte zurück. Die Fahrradfahrer nutzen hauptsächlich verkehrsberuhigte Straßen, das Verhältnis der PM_{2.5}-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt 0.74. Die Toxizität der PM_{2.5}-zusammensetzung im Verkehrsraum ist gleich hoch wie die PM_{2.5}-Zusammensetzung der Hintergrundbelastung.

Tabelle 36: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 1e

Altersgruppe	Szenario	Aktivität	Atemvolumen (l/min.) ^a	MV Ratio Rad/Pkw ^a	Entfernung (km)	Geschwindigkeit (km/h) ^b	Dauer (h/d)	Konzentration PM2.5 (µg/m ³) ^c	Verhältnis Pkw/Rad ^c	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Tagesdosis (µg/d) ^d
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		186.4	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	16	0.5	24		23.9	258
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.9	
		Pendeln	12		7.5	43	0.2	33	1.35	4.1	242
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		185.6	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	14	0.5	24		27.3	261
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		190.0	
		Pendeln	12		7.5	45	0.2	33	1.35	4.0	242
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		185.6	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	14	0.5	24		27.3	261
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.8	
		Pendeln	12		7.5	41	0.2	33	1.35	4.3	242
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.3	20		183.8	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	11	0.7	24		34.8	267
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.8	
		Pendeln	12		7.5	40	0.2	33	1.35	4.5	242
65 und älter	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.2	20		182.0	
		Pendeln	34.8	2.9	7.5	9	0.8	24		42.5	272
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.8	20		189.0	
		Pendeln	12		7.5	30	0.3	33	1.35	5.9	243

a) Als typische Werte für das Atemvolumen der Aktivitäten Schlaf und Rest werden 5 und 10 l/min angenommen. Das Atemvolumen der Tätigkeit Autofahren wird gleich wie für die Tätigkeit Rest mit 10 l/min angenommen. Für das Atemvolumen der Aktivität Radfahren wird das 2,9 fache der Tätigkeit Autofahren angenommen. Dieser Wert stellt den Durchschnitt aus drei verschiedenen Studien dar. Siehe (de Hartog et al., 2011; de Hartog et al., 2010; Int Panis, 2011; Int Panis et al., 2010; Zuurbier et al., 2009).

b) Nach (Herry et al., 2010).

c) Die Konzentration vom PM2.5 während der Aktivitäten Schlaf und Rest wird mit der durchschnittlichen europäischen Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ bzw. 10 µg/m³ angenommen (de Hartog et al., 2010). Ausgehend von (de Hartog et al., 2010) und eigenen Messungen in Wien wird die PM2.5-Konzentration während des Radfahrens mit 29 µg/m³ und das Verhältnis der Konzentration Pkw/Fahrrad mit 1,15 angenommen.

d) Berechnung siehe Formel 3.

Tabelle 37 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Schadstoffbelastung in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 37: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 1e

Altersgruppe	Verhältnis Tagesdosis %Rad/Pkw	Durchschnitt PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a	Äquivalente Änderung in PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^b	RR Mortalität Verkehr 1x so toxisch ^d
18 bis 24 Jahre	1.07	20.09	1.3	1.008
25 bis 34 Jahre	1.08	20.09	1.6	1.009
35 bis 49 Jahre	1.08	20.10	1.6	1.009
50 bis 64 Jahre	1.10	20.10	2.0	1.012
65 und älter	1.12	20.14	2.4	1.014

a) Siehe Formel 3.

b) Siehe Formel 4.

d) Siehe Formel 5, gleiche Toxizität = 1.

Tabelle 38 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Verkehrsunfälle in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 38: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 1e

Altersgruppe	Szenario	Getötetenrate (je 100 Millionen Pkm) ^a	Wege/Jahr	Weglänge (km/Weg)	Entfernung (km/pers*a)	Mortalitätsrate ^b	RR Mortalität Unfälle ^c
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	2.01962	250	7.5	1875	3.79E-05	0.9755
	MIV	2.70223	250	7.5	1875	5.07E-05	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	0.89850	250	7.5	1875	1.68E-05	1.0065
	MIV	0.71803	250	7.5	1875	1.35E-05	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.13070	250	7.5	1875	2.12E-05	1.0068
	MIV	0.61011	250	7.5	1875	1.14E-05	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	2.31436	250	7.5	1875	4.34E-05	1.0051
	MIV	0.65418	250	7.5	1875	1.23E-05	
65 und älter	Fahrrad	6.59883	250	7.5	1875	1.24E-04	1.0038
	MIV	1.50261	250	7.5	1875	2.82E-05	

a) Nach Tabelle 14.

b) Siehe Formel 8.

c) Siehe Formel 9.

Tabelle 39 zeigt die Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness.

Tabelle 39: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 1e

Altersgruppe	Szenario	Zeit (h/d)	MET Fahrrade	Hazard Ratio	RR Mortalität Fitness
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	0.47	2.8	0.71	0.709
	MIV	0.17	0.0	1.00	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	0.54	3.2	0.70	0.697
	MIV	0.17	0.0	1.00	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	0.54	3.2	0.70	0.697
	MIV	0.18	0.0	1.00	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	0.68	4.1	0.67	0.672
	MIV	0.19	0.0	1.00	
65 und älter	Fahrrad	0.83	5.0	0.66	0.660
	MIV	0.25	0.0	1.00	

Tabelle 40 und Abbildung 31 bis Abbildung 35 zeigen die Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit.

Tabelle 40: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 1e

Altersgruppe	Relatives Risiko			Gewonnene Lebenszeit			
	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Gesamt
18 bis 24 Jahre	1.008	0.976	0.709	-1 Tage	2 Tage	3.5 Wochen	3.7 Wochen
25 bis 34 Jahre	1.009	1.006	0.697	-1 Tage	-1 Tage	1.1 Monat	1.0 Monate
35 bis 49 Jahre	1.009	1.007	0.697	-3.0 Tage	-2 Tage	3.6 Monate	3.4 Monate
50 bis 64 Jahre	1.012	1.005	0.672	-1.8 Wochen	-5 Tage	11.6 Monate	11.0 Monate
65 und älter	1.014	1.004	0.660	-1.7 Monate	-1.9 Wochen	3.3 Jahre	3.1 Jahre

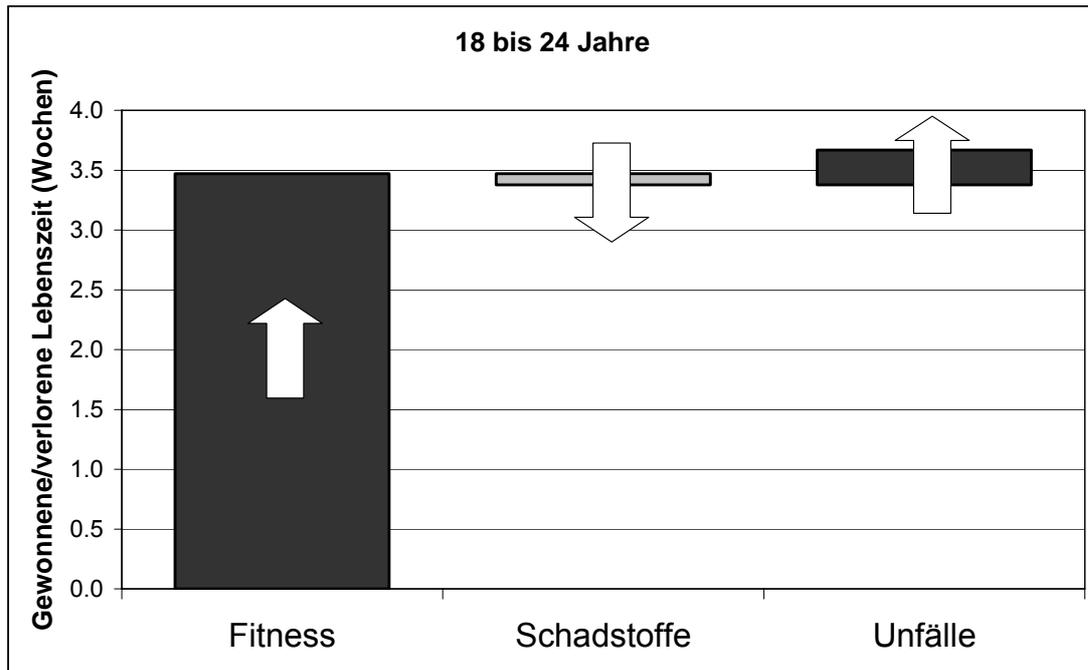


Abbildung 31: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 1e



Abbildung 32: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 1e



Abbildung 33: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 1e

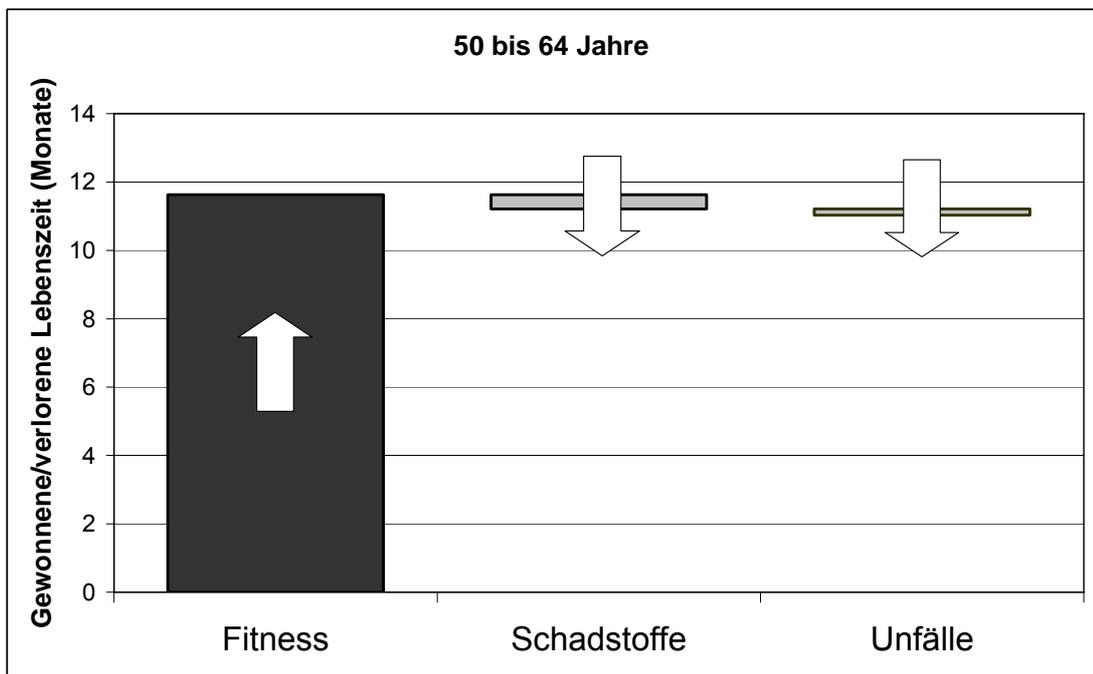


Abbildung 34: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 1e

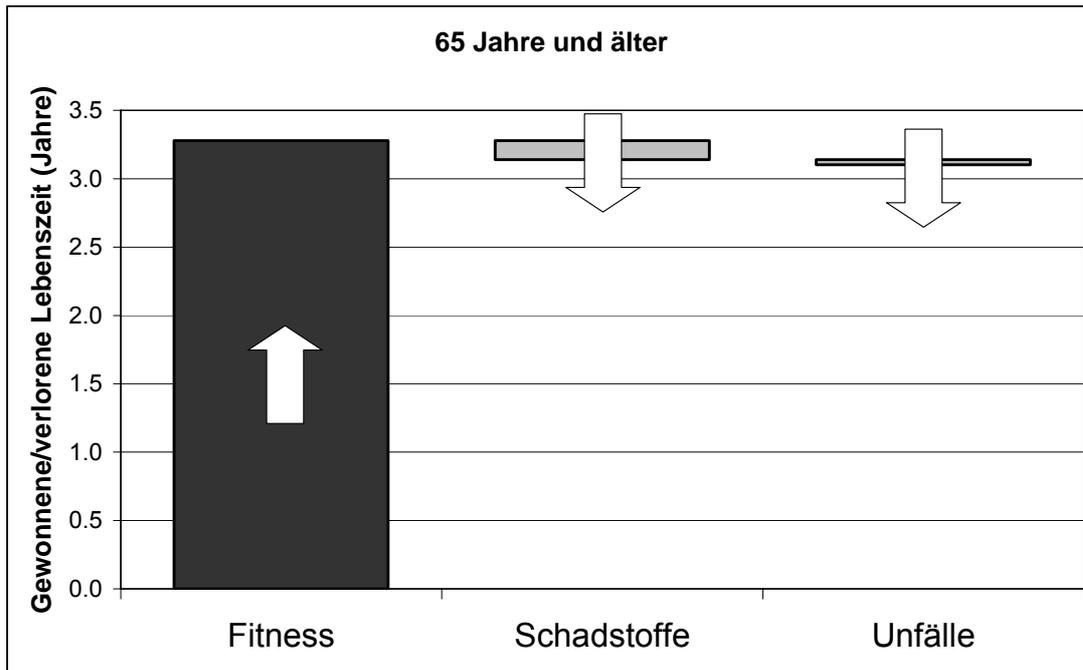


Abbildung 35: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 1e

3.2 Szenario 2: lange Wege

3.2.1 Szenario 2a

Im Szenario 2a wird untersucht, wie sich ein Wechsel vom Pkw zum Fahrrad bei einer täglichen Pendeldistanz von 15 km auf die Lebenszeit einer individuellen Person in den verschiedenen Altersgruppen auswirkt. Es handelt sich dabei um die Änderung des Verhaltens eines einzelnen Verkehrsteilnehmer. D.h. die zurückgelegten Fahrradkilometer pro Person und Tag und damit auch die Unfallraten bleiben gleich. Die Fahrradfahrer nutzen das allgemeine Straßennetz, das Verhältnis der PM2.5-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt 0.87. Die Toxizität der PM2.5-Zusammensetzung im Verkehrsraum ist fünffach höher als die PM2.5-Zusammensetzung der Hintergrundbelastung.

Tabelle 41: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 2a

Altersgruppe	Szenario	Aktivität	Atemvolumen (l/min.) ^a	MV Ratio Rad/Pkw ^a	Entfernung (km)	Geschwindigkeit (km/h) ^b	Dauer (h/d)	Konzentration PM2.5 (µg/m ³) ^c	Verhältnis Pkw/Rad ^c	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Tagesdosis (µg/d) ^d
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.1	20		180.8	
		Pendeln	34.8	2.9	15	16	0.9	29		56.8	286
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.7	20		187.8	
		Pendeln	12		15	43	0.3	33	1.15	8.3	244
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.9	20		179.1	
		Pendeln	34.8	2.9	15	14	1.1	29		64.9	292
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.7	20		188.0	
		Pendeln	12		15	45	0.3	33	1.15	7.9	244
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.9	20		179.1	
		Pendeln	34.8	2.9	15	14	1.1	29		64.9	292
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.6	20		187.6	
		Pendeln	12		15	41	0.4	33	1.15	8.7	244
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.6	20		175.6	
		Pendeln	34.8	2.9	15	11	1.4	29		82.6	306
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.6	20		187.5	
		Pendeln	12		15	40	0.4	33	1.15	8.9	244
65 und älter	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.3	20		172.0	
		Pendeln	34.8	2.9	15	9	1.7	29		100.9	321
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		186.0	
		Pendeln	12		15	30	0.5	33	1.15	11.9	246

a) Als typische Werte für das Atemvolumen der Aktivitäten Schlaf und Rest werden 5 und 10 l/min angenommen. Das Atemvolumen der Tätigkeit Autofahren wird gleich wie für die Tätigkeit Rest mit 10 l/min angenommen. Für das Atemvolumen der Aktivität Radfahren wird das 2,9 fache der Tätigkeit Autofahren angenommen. Dieser Wert stellt den Durchschnitt aus drei verschiedenen Studien dar. Siehe (de Hartog et al., 2011; de Hartog et al., 2010; Int Panis, 2011; Int Panis et al., 2010; Zuurbier et al., 2009).

b) Nach (Herry et al., 2010).

c) Die Konzentration vom PM2.5 während der Aktivitäten Schlaf und Rest wird mit der durchschnittlichen europäischen Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ bzw. 10 µg/m³ angenommen (de Hartog et al., 2010). Ausgehend von (de Hartog et al., 2010) und eigenen Messungen in Wien wird die PM2.5-Konzentration während des Radfahrens mit 29 µg/m³ und das Verhältnis der Konzentration Pkw/Fahrrad mit 1,15 angenommen.

d) Berechnung siehe Formel 3.

Tabelle 42 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Schadstoffbelastung in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 42: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 2a

Altersgruppe	Verhältnis Tagesdosis %Rad/Pkw	Durchschnitt PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a	Äquivalente Änderung in PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^b	RR Mortalität Verkehr 5x so toxisch ^d
18 bis 24 Jahre	1.17	20.19	3.4	1.105
25 bis 34 Jahre	1.20	20.18	4.0	1.123
35 bis 49 Jahre	1.20	20.20	3.9	1.122
50 bis 64 Jahre	1.25	20.20	5.1	1.160
65 und älter	1.31	20.27	6.2	1.198

a) Siehe Formel 3.

b) Siehe Formel 4.

d) Siehe Formel 5, fünffache Toxizität = 5.

Tabelle 43 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Verkehrsunfälle in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 43: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 2a

Altersgruppe	Szenario	Getötetenrate (je 100 Millionen Pkm) ^a	Wege/Jahr	Weglänge (km/Weg)	Entfernung (km/pers*a)	Mortalitätsrate ^b	RR Mortalität Unfälle ^c
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	2.67858	250	15	3750	1.00E-04	0.9983
	MIV	2.70223	250	15	3750	1.01E-04	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	1.19166	250	15	3750	4.47E-05	1.0340
	MIV	0.71803	250	15	3750	2.69E-05	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.49963	250	15	3750	5.62E-05	1.0234
	MIV	0.61011	250	15	3750	2.29E-05	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	3.06949	250	15	3750	1.15E-04	1.0148
	MIV	0.65418	250	15	3750	2.45E-05	
65 und älter	Fahrrad	8.75189	250	15	3750	3.28E-04	1.0109
	MIV	1.50261	250	15	3750	5.63E-05	

a) Nach Tabelle 14.

b) Siehe Formel 8.

c) Siehe Formel 9.

Tabelle 44 zeigt die Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness.

Tabelle 44: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 2a

Altersgruppe	Szenario	Zeit (h/d)	MET Fahrrade	Hazard Ratio	RR Mortalität Fitness
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	0.94	5.6	0.66	0.660
	MIV	0.35	0.0	1.00	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	1.07	6.4	0.66	0.660
	MIV	0.33	0.0	1.00	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.07	6.4	0.66	0.660
	MIV	0.37	0.0	1.00	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	1.36	8.2	0.66	0.660
	MIV	0.38	0.0	1.00	
65 und älter	Fahrrad	1.67	10.0	0.66	0.660
	MIV	0.50	0.0	1.00	

Tabelle 45 und Abbildung 36 bis Abbildung 40 zeigen die Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit.

Tabelle 45: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 2a

Altersgruppe	Relatives Risiko			Gewonnene Lebenszeit			
	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Gesamt
18 bis 24 Jahre	1.105	0.9983	0.660	-1.3 Wochen	0 Tage	4.1 Wochen	2.8 Wochen
25 bis 34 Jahre	1.123	1.0340	0.660	-1.9 Wochen	-4 Tage	1.2 Monate	2.8 Wochen
35 bis 49 Jahre	1.122	1.0234	0.660	-1.5 Monate	-1.2 Wochen	4.1 Monate	2.3 Monate
50 bis 64 Jahre	1.160	1.0148	0.660	-5.7 Monate	-2.2 Wochen	12.1 Monate	5.8 Monate
65 und älter	1.198	1.0109	0.660	-1.9 Jahre	-1.3 Monate	3.3 Jahre	1.3 Jahre

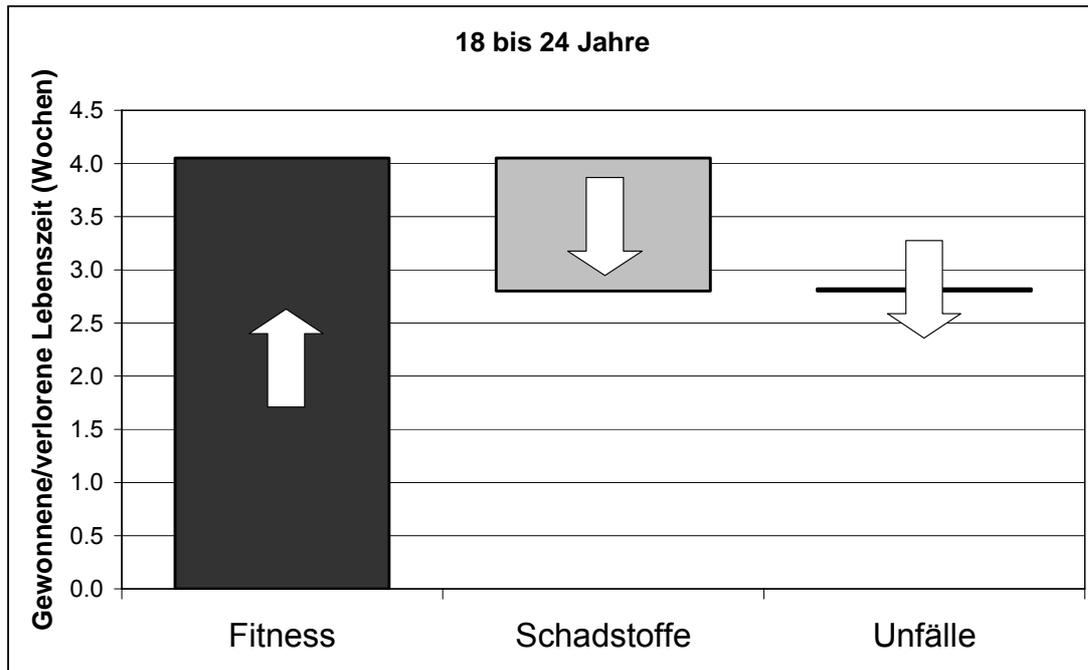


Abbildung 36: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 2a

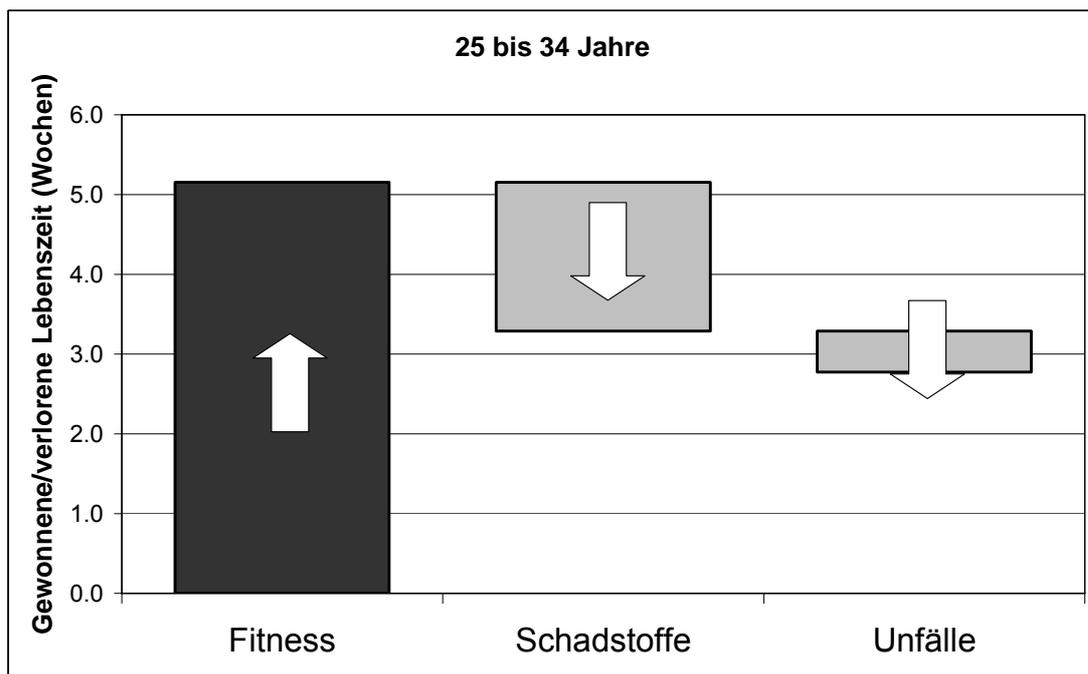


Abbildung 37: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 2a

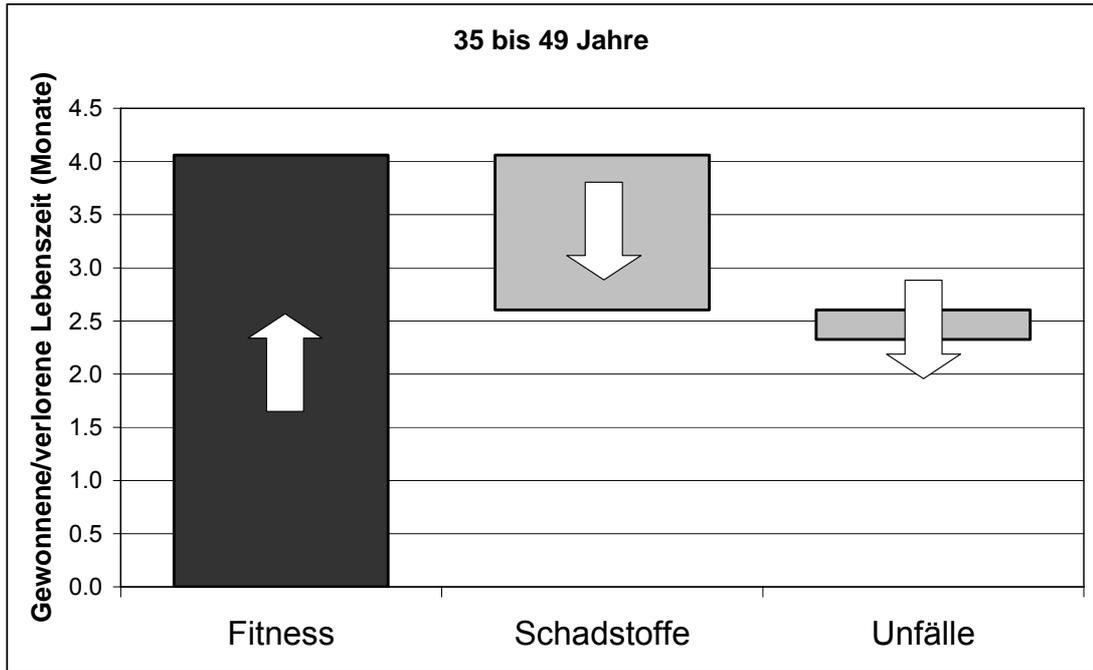


Abbildung 38: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 2a

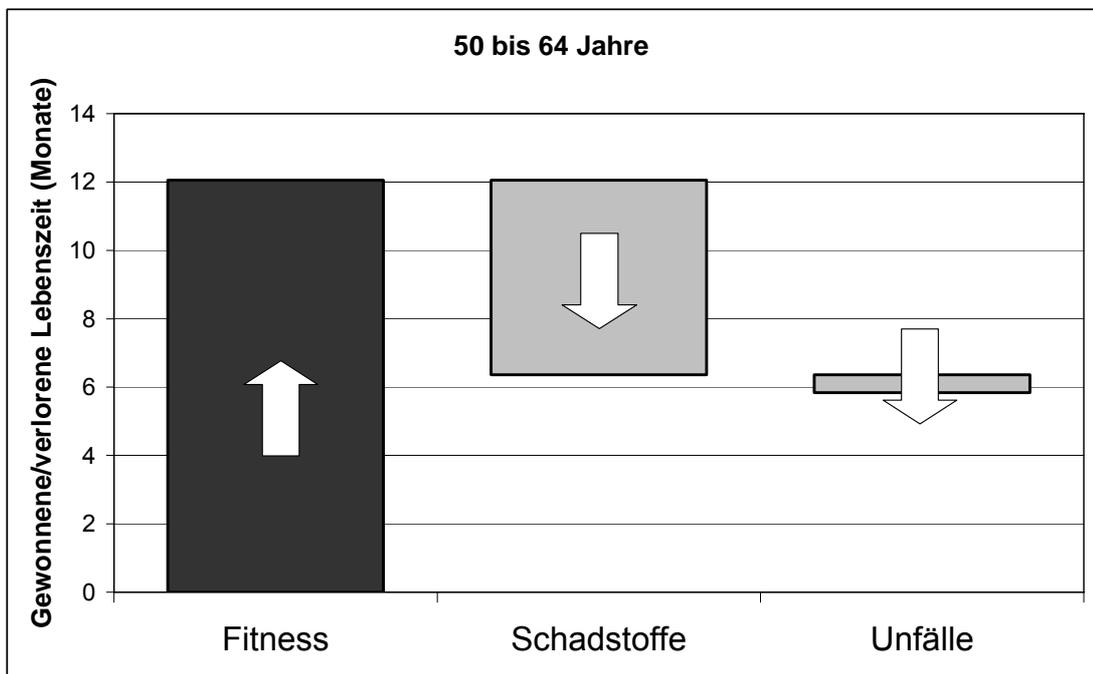


Abbildung 39: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 2a

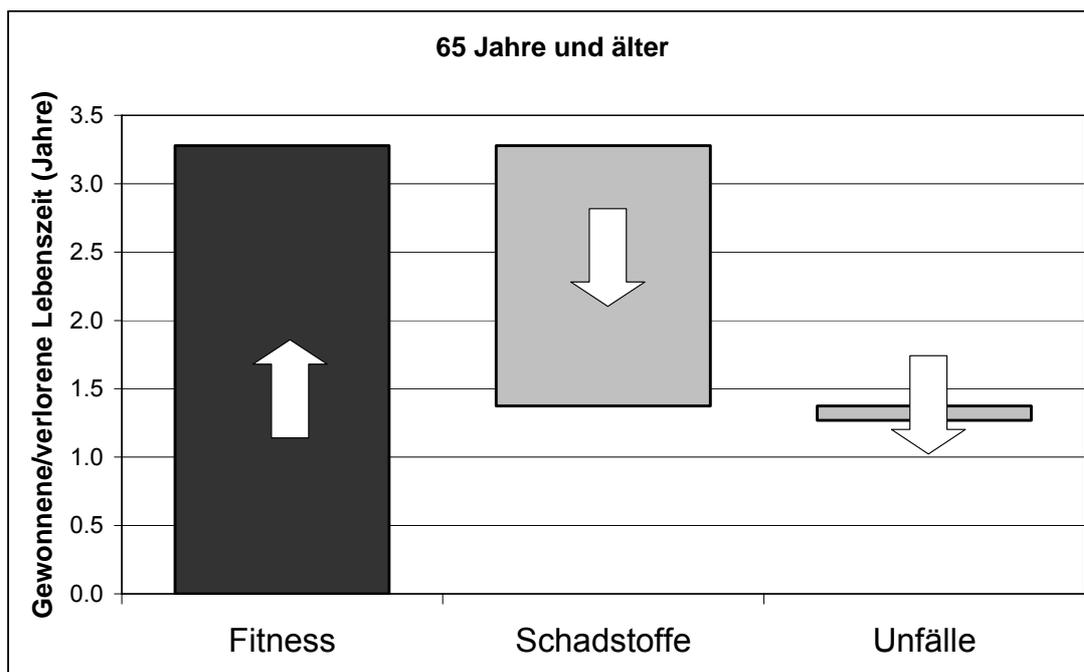


Abbildung 40: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 2a

3.2.2 Szenario 2b

Im Szenario 2b wird untersucht, wie sich ein Wechsel vom Pkw zum Fahrrad bei einer täglichen Pendeldistanz von 15 km auf die Lebenszeit einer individuellen Person in den verschiedenen Altersgruppen auswirkt. Hintergrund ist dabei die Änderung des Verhaltens eines größeren Kollektivs der Verkehrsteilnehmer. D.h. die zurückgelegten Fahrradkilometer pro Person und Tag verdoppeln sich und damit gehen die Unfallraten durch „Safety by Numbers“ Effekte zurück. Die Fahrradfahrer nutzen das allgemeine Straßennetz, das Verhältnis der PM_{2.5}-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt 0.87. Die Toxizität der PM_{2.5}-zusammensetzung im Verkehrsraum ist fünffach höher als die PM_{2.5}-Zusammensetzung der Hintergrundbelastung.

Tabelle 46: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 2b

Altersgruppe	Szenario	Aktivität	Atemvolumen (l/min.) ^a	MV Ratio Rad/Pkw ^a	Entfernung (km)	Geschwindigkeit (km/h) ^b	Dauer (h/d)	Konzentration PM2.5 (µg/m ³) ^c	Verhältnis Pkw/Rad ^c	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Tagesdosis (µg/d) ^d
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.1	20		180.8	
		Pendeln	34.8	2.9	15	16	0.9	29		56.8	286
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.7	20		187.8	
		Pendeln	12		15	43	0.3	33	1.15	8.3	244
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.9	20		179.1	
		Pendeln	34.8	2.9	15	14	1.1	29		64.9	292
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.7	20		188.0	
		Pendeln	12		15	45	0.3	33	1.15	7.9	244
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.9	20		179.1	
		Pendeln	34.8	2.9	15	14	1.1	29		64.9	292
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.6	20		187.6	
		Pendeln	12		15	41	0.4	33	1.15	8.7	244
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.6	20		175.6	
		Pendeln	34.8	2.9	15	11	1.4	29		82.6	306
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.6	20		187.5	
		Pendeln	12		15	40	0.4	33	1.15	8.9	244
65 und älter	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.3	20		172.0	
		Pendeln	34.8	2.9	15	9	1.7	29		100.9	321
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		186.0	
		Pendeln	12		15	30	0.5	33	1.15	11.9	246

a) Als typische Werte für das Atemvolumen der Aktivitäten Schlaf und Rest werden 5 und 10 l/min angenommen. Das Atemvolumen der Tätigkeit Autofahren wird gleich wie für die Tätigkeit Rest mit 10 l/min angenommen. Für das Atemvolumen der Aktivität Radfahren wird das 2,9 fache der Tätigkeit Autofahren angenommen. Dieser Wert stellt den Durchschnitt aus drei verschiedenen Studien dar. Siehe (de Hartog et al., 2011; de Hartog et al., 2010; Int Panis, 2011; Int Panis et al., 2010; Zuurbier et al., 2009).

b) Nach (Herry et al., 2010).

c) Die Konzentration vom PM2.5 während der Aktivitäten Schlaf und Rest wird mit der durchschnittlichen europäischen Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ bzw. 10 µg/m³ angenommen (de Hartog et al., 2010). Ausgehend von (de Hartog et al., 2010) und eigenen Messungen in Wien wird die PM2.5-Konzentration während des Radfahrens mit 29 µg/m³ und das Verhältnis der Konzentration Pkw/Fahrrad mit 1,15 angenommen.

d) Berechnung siehe Formel 3.

Tabelle 47 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Schadstoffbelastung in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 47: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 2b

Altersgruppe	Verhältnis Tagesdosis %Rad/Pkw	Durchschnitt PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a	Äquivalente Änderung in PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^b	RR Mortalität Verkehr 5x so toxisch ^d
18 bis 24 Jahre	1.17	20.19	3.4	1.105
25 bis 34 Jahre	1.20	20.18	4.0	1.123
35 bis 49 Jahre	1.20	20.20	3.9	1.122
50 bis 64 Jahre	1.25	20.20	5.1	1.160
65 und älter	1.31	20.27	6.2	1.198

a) Siehe Formel 3.

b) Siehe Formel 4.

d) Siehe Formel 5, fünffache Toxizität = 5.

Tabelle 48 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Verkehrsunfälle in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 48: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 2b

Altersgruppe	Szenario	Getötetenrate (je 100 Millionen Pkm) ^a	Wege/Jahr	Weglänge (km/Weg)	Entfernung (km/pers*a)	Mortalitätsrate ^b	RR Mortalität Unfälle ^c
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	2.01962	250	15	3750	7.57E-05	0.9511
	MIV	2.70223	250	15	3750	1.01E-04	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	0.89850	250	15	3750	3.37E-05	1.0130
	MIV	0.71803	250	15	3750	2.69E-05	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.13070	250	15	3750	4.24E-05	1.0137
	MIV	0.61011	250	15	3750	2.29E-05	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	2.31436	250	15	3750	8.68E-05	1.0102
	MIV	0.65418	250	15	3750	2.45E-05	
65 und älter	Fahrrad	6.59883	250	15	3750	2.47E-04	1.0076
	MIV	1.50261	250	15	3750	5.63E-05	

a) Nach Tabelle 14.

b) Siehe Formel 8.

c) Siehe Formel 9.

Tabelle 49 zeigt die Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness.

Tabelle 49: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 2b

Altersgruppe	Szenario	Zeit (h/d)	MET Fahrrade	Hazard Ratio	RR Mortalität Fitness
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	0.94	5.6	0.66	0.660
	MIV	0.35	0.0	1.00	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	1.07	6.4	0.66	0.660
	MIV	0.33	0.0	1.00	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.07	6.4	0.66	0.660
	MIV	0.37	0.0	1.00	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	1.36	8.2	0.66	0.660
	MIV	0.38	0.0	1.00	
65 und älter	Fahrrad	1.67	10.0	0.66	0.660
	MIV	0.50	0.0	1.00	

Tabelle 50 und Abbildung 41 bis Abbildung 45 zeigen die Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit.

Tabelle 50: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 2b

Altersgruppe	Relatives Risiko			Gewonnene Lebenszeit			
	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Gesamt
18 bis 24 Jahre	1.105	0.951	0.660	-1.3 Wochen	4 Tage	4.1 Wochen	3.4 Wochen
25 bis 34 Jahre	1.123	1.013	0.660	-1.9 Wochen	-1 Tage	1.2 Monate	3.1 Wochen
35 bis 49 Jahre	1.122	1.014	0.660	-1.5 Monate	-5 Tage	4.1 Monate	2.4 Monate
50 bis 64 Jahre	1.160	1.010	0.660	-5.7 Monate	-1.5 Wochen	12.1 Monate	6 Monate
65 und älter	1.198	1.008	0.660	-1.9 Jahre	-3.8 Wochen	3.3 Jahre	1.3 Jahre

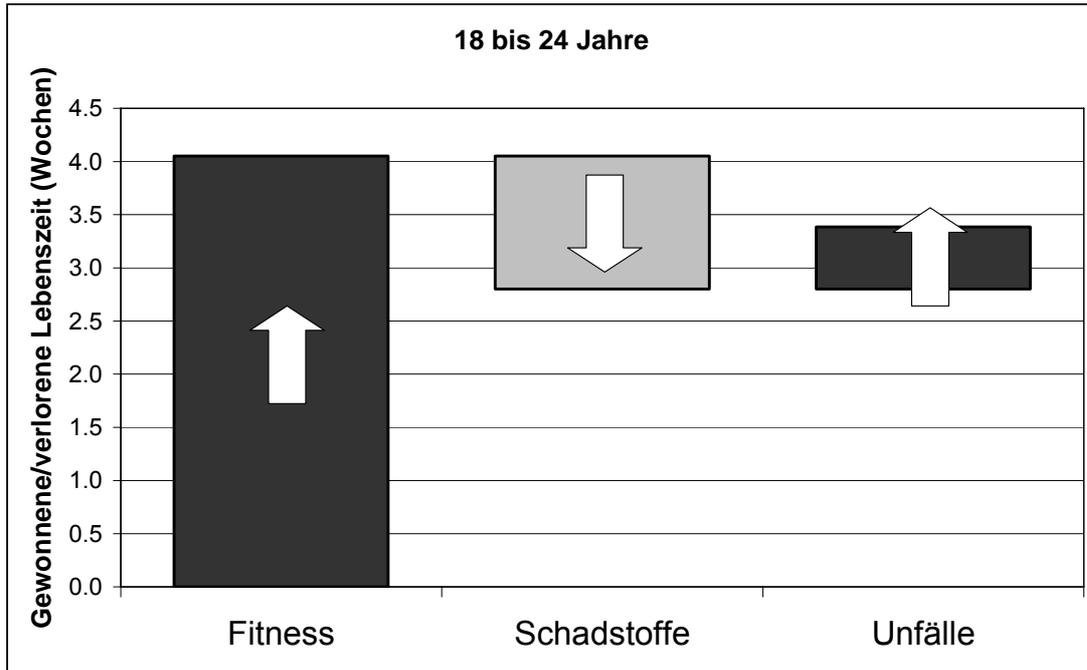


Abbildung 41: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 2b

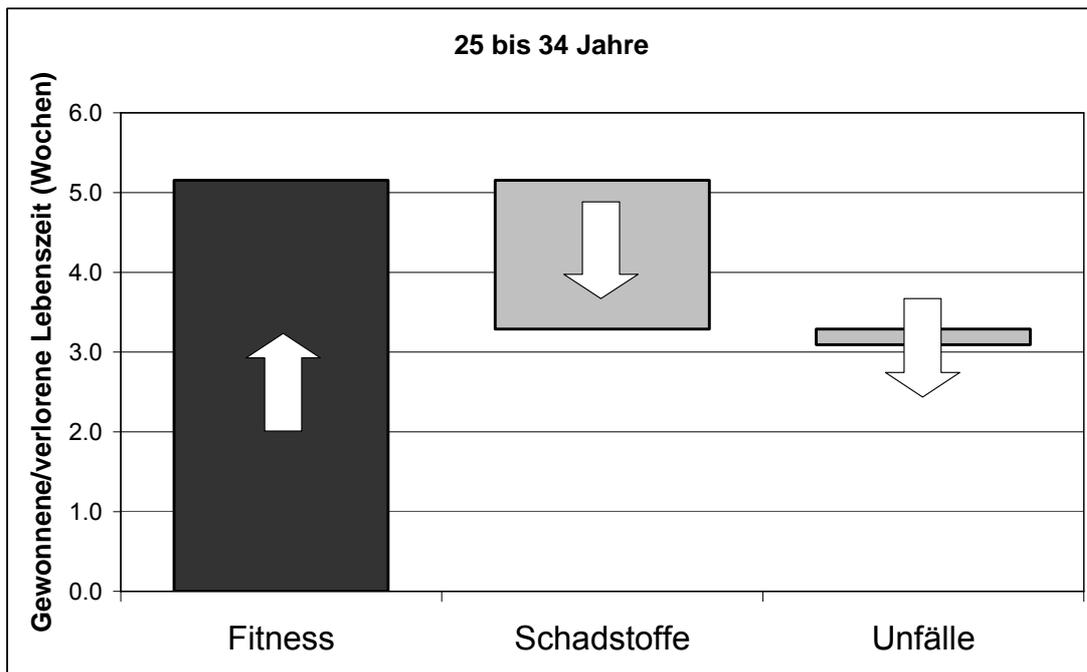


Abbildung 42: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 2b

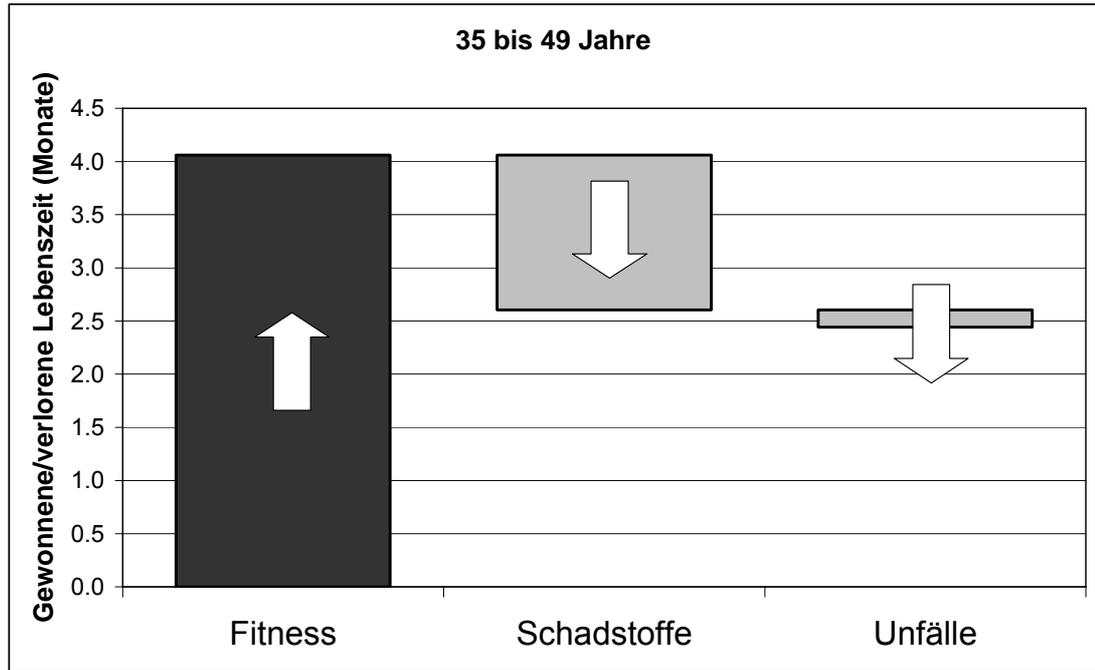


Abbildung 43: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 2b

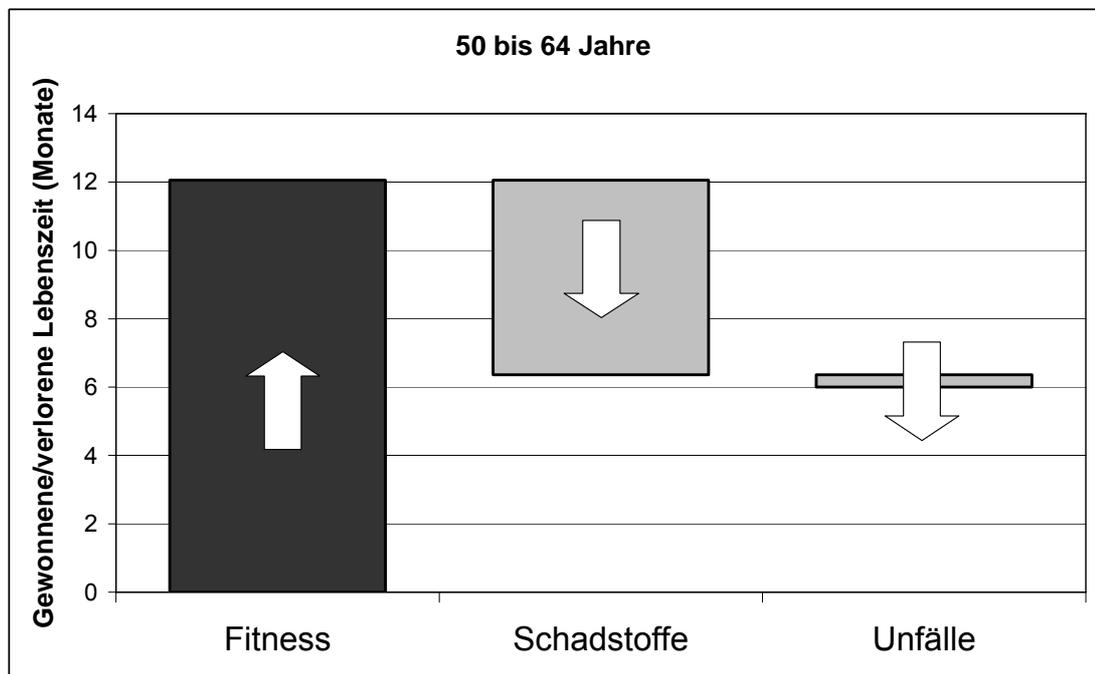


Abbildung 44: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 2b

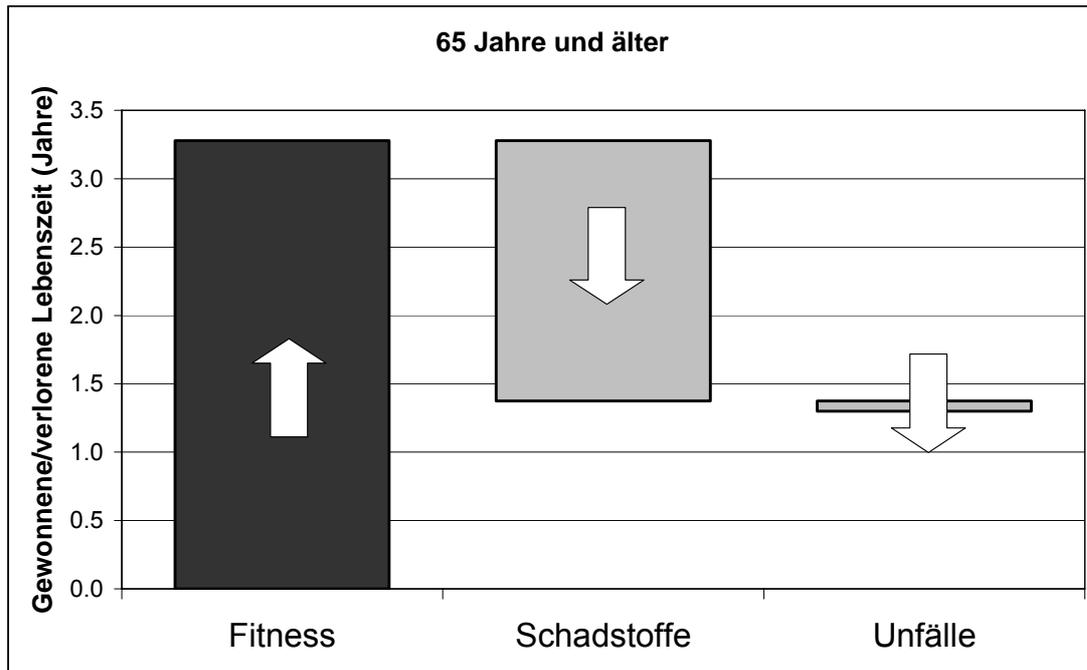


Abbildung 45: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 2b

3.2.3 Szenario 2c

Im Szenario 2c wird untersucht, wie sich ein Wechsel vom Pkw zum Fahrrad bei einer täglichen Pendeldistanz von 15 km auf die Lebenszeit einer individuellen Person in den verschiedenen Altersgruppen auswirkt. Es handelt sich dabei um die Änderung des Verhaltens eines einzelnen Verkehrsteilnehmer. D.h. die zurückgelegten Fahrradkilometer pro Person und Tag und damit auch die Unfallraten bleiben gleich. Die Fahrradfahrer nutzen hauptsächlich verkehrsberuhigte Straßen, das Verhältnis der PM_{2.5}-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt 0.74. Die Toxizität der PM_{2.5}-zusammensetzung im Verkehrsraum ist fünffach höher als die PM_{2.5}-Zusammensetzung der Hintergrundbelastung.

Tabelle 51: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 2c

Altersgruppe	Szenario	Aktivität	Atemvolumen (l/min.) ^a	MV Ratio Rad/Pkw ^a	Entfernung (km)	Geschwindigkeit (km/h) ^b	Dauer (h/d)	Konzentration PM2.5 (µg/m ³) ^c	Verhältnis Pkw/Rad ^c	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Tagesdosis (µg/d) ^d
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.1	20		180.8	
		Pendeln	34.8	2.9	15	16	0.9	24		47.8	277
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.7	20		187.8	
		Pendeln	12		15	43	0.3	33	1.35	8.3	244
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.9	20		179.1	
		Pendeln	34.8	2.9	15	14	1.1	24		54.6	282
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.7	20		188.0	
		Pendeln	12		15	45	0.3	33	1.35	7.9	244
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.9	20		179.1	
		Pendeln	34.8	2.9	15	14	1.1	24		54.6	282
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.6	20		187.6	
		Pendeln	12		15	41	0.4	33	1.35	8.7	244
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.6	20		175.6	
		Pendeln	34.8	2.9	15	11	1.4	24		69.5	293
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.6	20		187.5	
		Pendeln	12		15	40	0.4	33	1.35	8.9	244
65 und älter	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.3	20		172.0	
		Pendeln	34.8	2.9	15	9	1.7	24		85.0	305
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		186.0	
		Pendeln	12		15	30	0.5	33	1.35	11.9	246

a) Als typische Werte für das Atemvolumen der Aktivitäten Schlaf und Rest werden 5 und 10 l/min angenommen. Das Atemvolumen der Tätigkeit Autofahren wird gleich wie für die Tätigkeit Rest mit 10 l/min angenommen. Für das Atemvolumen der Aktivität Radfahren wird das 2,9 fache der Tätigkeit Autofahren angenommen. Dieser Wert stellt den Durchschnitt aus drei verschiedenen Studien dar. Siehe (de Hartog et al., 2011; de Hartog et al., 2010; Int Panis, 2011; Int Panis et al., 2010; Zuurbier et al., 2009).

b) Nach (Herry et al., 2010).

c) Die Konzentration vom PM2.5 während der Aktivitäten Schlaf und Rest wird mit der durchschnittlichen europäischen Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ bzw. 10 µg/m³ angenommen (de Hartog et al., 2010). Ausgehend von (de Hartog et al., 2010) und eigenen Messungen in Wien wird die PM2.5-Konzentration während des Radfahrens mit 29 µg/m³ und das Verhältnis der Konzentration Pkw/Fahrrad mit 1,15 angenommen.

d) Berechnung siehe Formel 3.

Tabelle 52 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Schadstoffbelastung in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 52: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 2c

Altersgruppe	Verhältnis Tagesdosis %Rad/Pkw	Durchschnitt PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a	Äquivalente Änderung in PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^b	RR Mortalität Verkehr 5x so toxisch ^d
18 bis 24 Jahre	1.13	20.19	2.7	1.081
25 bis 34 Jahre	1.16	20.18	3.1	1.096
35 bis 49 Jahre	1.15	20.20	3.1	1.094
50 bis 64 Jahre	1.20	20.20	4.0	1.125
65 und älter	1.24	20.27	4.9	1.153

a) Siehe Formel 3.

b) Siehe Formel 4.

d) Siehe Formel 5, fünffache Toxizität = 5.

Tabelle 53 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Verkehrsunfälle in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 53: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 2c

Altersgruppe	Szenario	Getötetenrate (je 100 Millionen Pkm) ^a	Wege/Jahr	Weglänge (km/Weg)	Entfernung (km/pers*a)	Mortalitätsrate ^b	RR Mortalität Unfälle ^c
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	2.67858	250	15	3750	1.00E-04	0.9983
	MIV	2.70223	250	15	3750	1.01E-04	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	1.19166	250	15	3750	4.47E-05	1.0340
	MIV	0.71803	250	15	3750	2.69E-05	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.49963	250	15	3750	5.62E-05	1.0234
	MIV	0.61011	250	15	3750	2.29E-05	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	3.06949	250	15	3750	1.15E-04	1.0148
	MIV	0.65418	250	15	3750	2.45E-05	
65 und älter	Fahrrad	8.75189	250	15	3750	3.28E-04	1.0109
	MIV	1.50261	250	15	3750	5.63E-05	

a) Nach Tabelle 14.

b) Siehe Formel 8.

c) Siehe Formel 9.

Tabelle 54 zeigt die Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness.

Tabelle 54: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 2c

Altersgruppe	Szenario	Zeit (h/d)	MET Fahrrad	Hazard Ratio	RR Mortalität Fitness
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	0.94	5.6	0.66	0.660
	MIV	0.35	0.0	1.00	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	1.07	6.4	0.66	0.660
	MIV	0.33	0.0	1.00	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.07	6.4	0.66	0.660
	MIV	0.37	0.0	1.00	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	1.36	8.2	0.66	0.660
	MIV	0.38	0.0	1.00	
65 und älter	Fahrrad	1.67	10.0	0.66	0.660
	MIV	0.50	0.0	1.00	

Tabelle 55 und Abbildung 46 bis Abbildung 50 zeigen die Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit.

Tabelle 55: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 2c

Altersgruppe	Relatives Risiko			Gewonnene Lebenszeit			
	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Gesamt
18 bis 24 Jahre	1.081	0.998	0.660	-7 Tage	0 Tage	4.1 Wochen	3.1 Wochen
25 bis 34 Jahre	1.096	1.034	0.660	-1.4 Wochen	-4 Tage	1.2 Monate	3.2 Wochen
35 bis 49 Jahre	1.094	1.023	0.660	-1.1 Monate	-1.2 Wochen	4.1 Monate	2.7 Monate
50 bis 64 Jahre	1.125	1.015	0.660	-4.4 Monate	-2.2 Wochen	12.1 Monate	7.1 Monate
65 und älter	1.153	1.011	0.660	-1.5 Jahre	-1.3 Monate	3.3 Jahre	1.7 Jahre

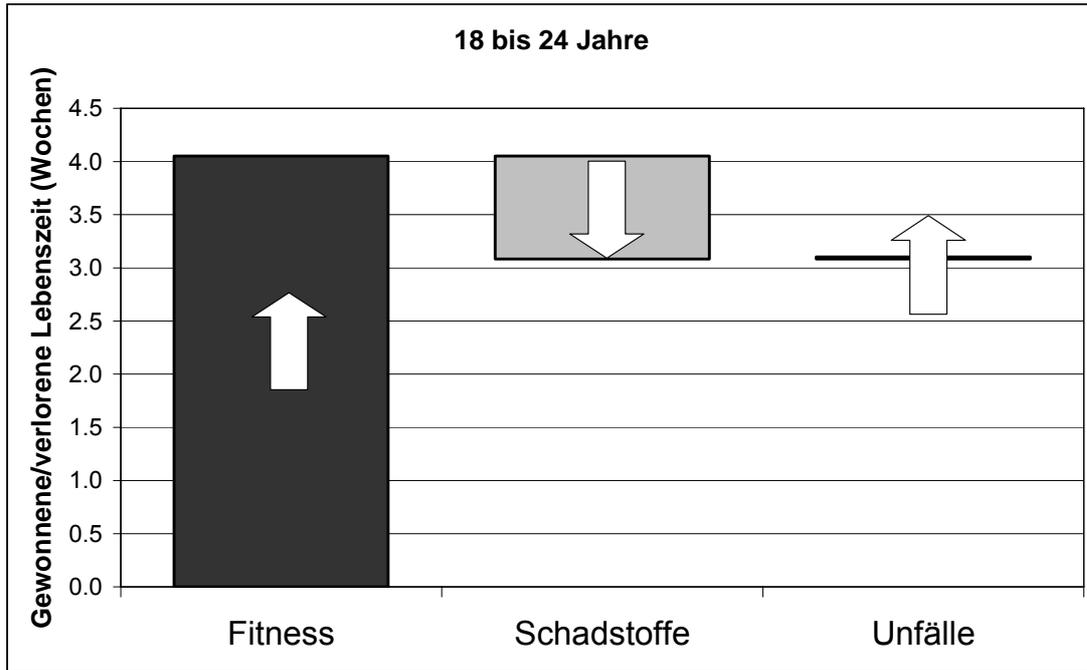


Abbildung 46: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 2c

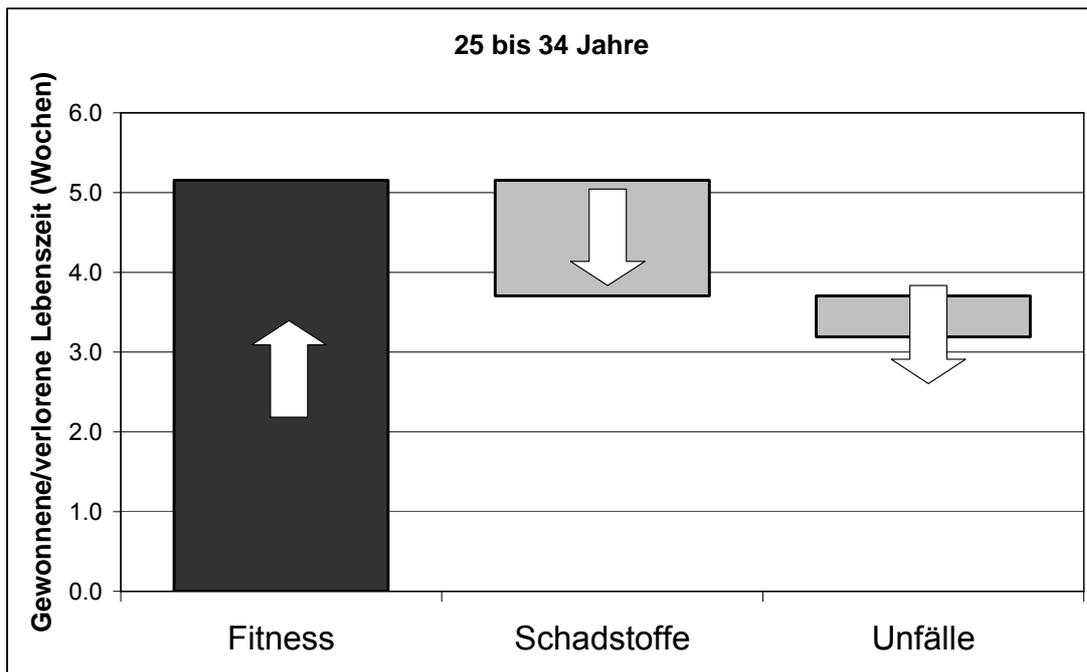


Abbildung 47: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 2c

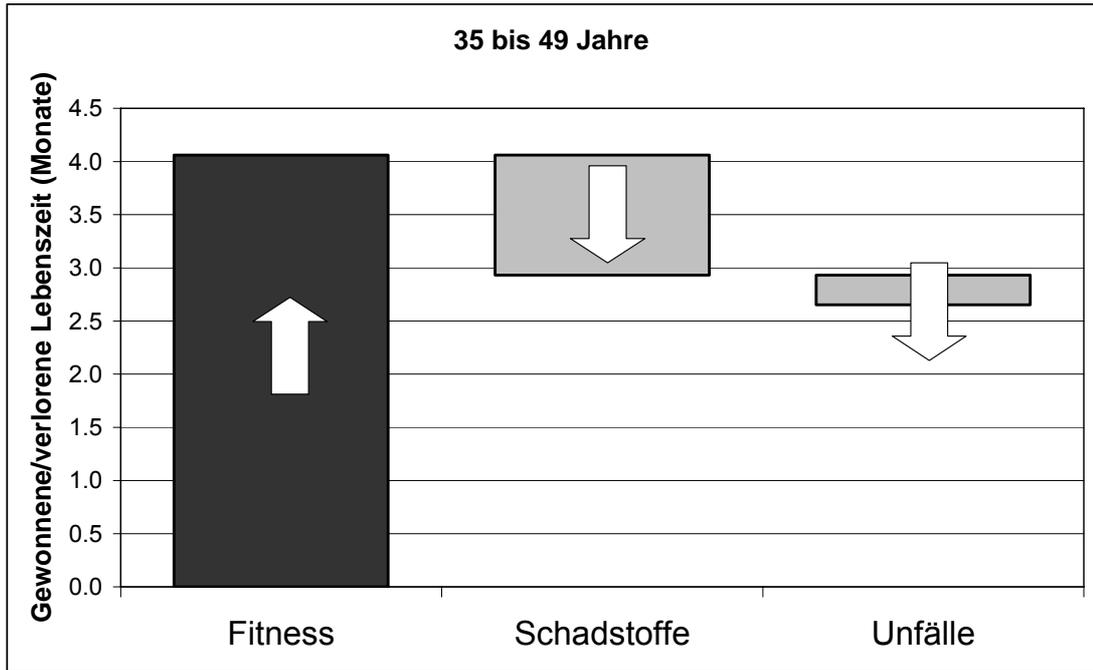


Abbildung 48: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 2c

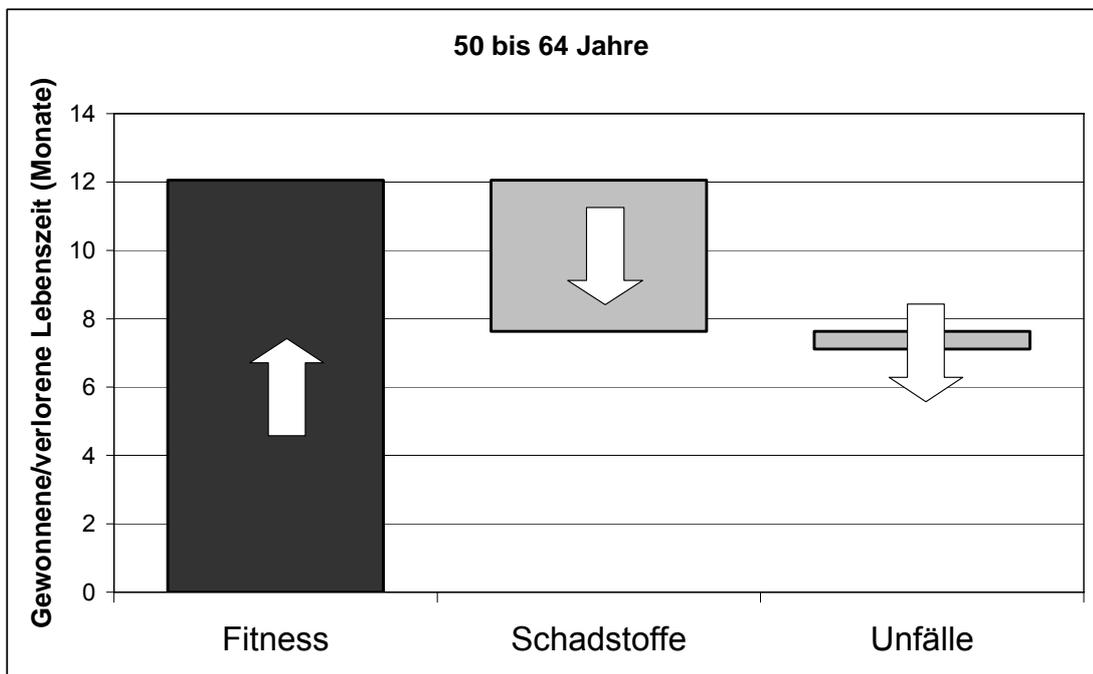


Abbildung 49: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 2c

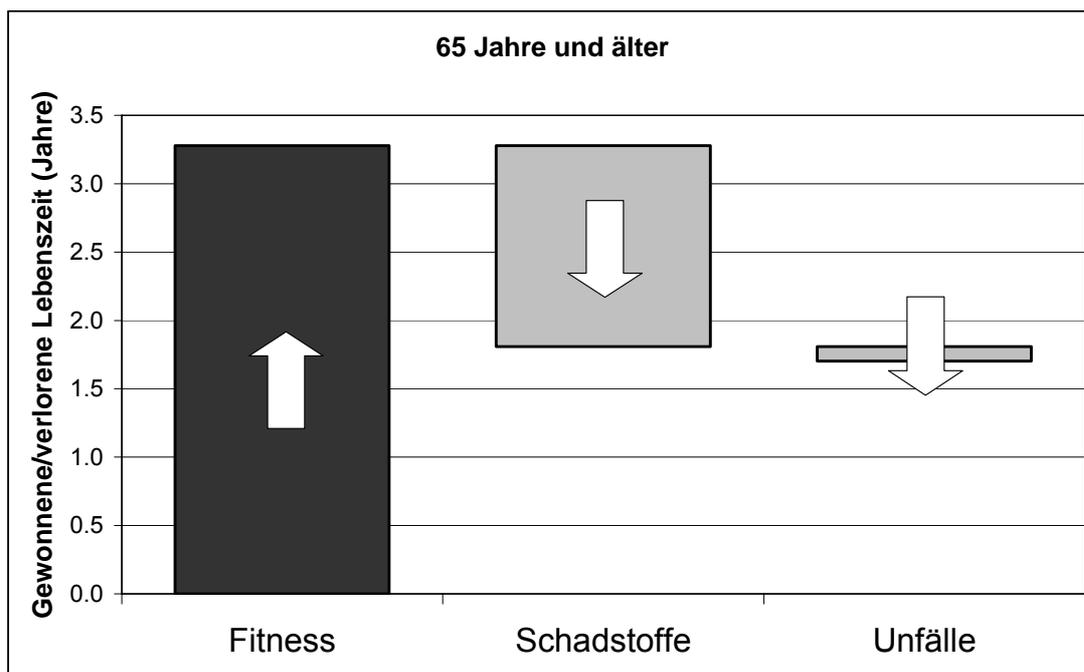


Abbildung 50: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 2c

3.2.4 Szenario 2d

Im Szenario 2d wird untersucht, wie sich ein Wechsel vom Pkw zum Fahrrad bei einer täglichen Pendeldistanz von 15 km auf die Lebenszeit einer individuellen Person in den verschiedenen Altersgruppen auswirkt. Es handelt sich dabei um die Änderung des Verhaltens eines einzelnen Verkehrsteilnehmer. D.h. die zurückgelegten Fahrradkilometer pro Person und Tag und damit auch die Unfallraten bleiben gleich. Die Fahrradfahrer nutzen das allgemeine Straßennetz, das Verhältnis der PM_{2.5}-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt 0.87. Die Toxizität der PM_{2.5}-zusammensetzung im Verkehrsraum ist gleich hoch wie die PM_{2.5}-Zusammensetzung der Hintergrundbelastung.

Tabelle 56: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 2d

Altersgruppe	Szenario	Aktivität	Atemvolumen (l/min.) ^a	MV Ratio Rad/Pkw ^a	Entfernung (km)	Geschwindigkeit (km/h) ^b	Dauer (h/d)	Konzentration PM2.5 (µg/m ³) ^c	Verhältnis Pkw/Rad ^c	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Tagesdosis (µg/d) ^d
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.1	20		180.8	
		Pendeln	34.8	2.9	15	16	0.9	29		56.8	286
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.7	20		187.8	
		Pendeln	12		15	43	0.3	33	1.15	8.3	244
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.9	20		179.1	
		Pendeln	34.8	2.9	15	14	1.1	29		64.9	292
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.7	20		188.0	
		Pendeln	12		15	45	0.3	33	1.15	7.9	244
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.9	20		179.1	
		Pendeln	34.8	2.9	15	14	1.1	29		64.9	292
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.6	20		187.6	
		Pendeln	12		15	41	0.4	33	1.15	8.7	244
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.6	20		175.6	
		Pendeln	34.8	2.9	15	11	1.4	29		82.6	306
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.6	20		187.5	
		Pendeln	12		15	40	0.4	33	1.15	8.9	244
65 und älter	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.3	20		172.0	
		Pendeln	34.8	2.9	15	9	1.7	29		100.9	321
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		186.0	
		Pendeln	12		15	30	0.5	33	1.15	11.9	246

a) Als typische Werte für das Atemvolumen der Aktivitäten Schlaf und Rest werden 5 und 10 l/min angenommen. Das Atemvolumen der Tätigkeit Autofahren wird gleich wie für die Tätigkeit Rest mit 10 l/min angenommen. Für das Atemvolumen der Aktivität Radfahren wird das 2,9 fache der Tätigkeit Autofahren angenommen. Dieser Wert stellt den Durchschnitt aus drei verschiedenen Studien dar. Siehe (de Hartog et al., 2011; de Hartog et al., 2010; Int Panis, 2011; Int Panis et al., 2010; Zuurbier et al., 2009).

b) Nach (Herry et al., 2010).

c) Die Konzentration vom PM2.5 während der Aktivitäten Schlaf und Rest wird mit der durchschnittlichen europäischen Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ bzw. 10 µg/m³ angenommen (de Hartog et al., 2010). Ausgehend von (de Hartog et al., 2010) und eigenen Messungen in Wien wird die PM2.5-Konzentration während des Radfahrens mit 29 µg/m³ und das Verhältnis der Konzentration Pkw/Fahrrad mit 1,15 angenommen.

d) Berechnung siehe Formel 3.

Tabelle 57 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Schadstoffbelastung in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 57: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 2d

Altersgruppe	Verhältnis Tagesdosis %Rad/Pkw	Durchschnitt PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a	Äquivalente Änderung in PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^b	RR Mortalität Verkehr 1x so toxisch ^d
18 bis 24 Jahre	1.17	20.19	3.4	1.020
25 bis 34 Jahre	1.20	20.18	4.0	1.023
35 bis 49 Jahre	1.20	20.20	3.9	1.023
50 bis 64 Jahre	1.25	20.20	5.1	1.030
65 und älter	1.31	20.27	6.2	1.037

a) Siehe Formel 3.

b) Siehe Formel 4.

d) Siehe Formel 5, gleiche Toxizität = 1.

Tabelle 58 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Verkehrsunfälle in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 58: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 2d

Altersgruppe	Szenario	Getötetenrate (je 100 Millionen Pkm) ^a	Wege/Jahr	Weglänge (km/Weg)	Entfernung (km/pers*a)	Mortalitätsrate ^b	RR Mortalität Unfälle ^c
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	2.67858	250	15	3750	1.00E-04	0.9983
	MIV	2.70223	250	15	3750	1.01E-04	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	1.19166	250	15	3750	4.47E-05	1.0340
	MIV	0.71803	250	15	3750	2.69E-05	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.49963	250	15	3750	5.62E-05	1.0234
	MIV	0.61011	250	15	3750	2.29E-05	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	3.06949	250	15	3750	1.15E-04	1.0148
	MIV	0.65418	250	15	3750	2.45E-05	
65 und älter	Fahrrad	8.75189	250	15	3750	3.28E-04	1.0109
	MIV	1.50261	250	15	3750	5.63E-05	

a) Nach Tabelle 14.

b) Siehe Formel 8.

c) Siehe Formel 9.

Tabelle 59 zeigt die Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness.

Tabelle 59: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 2d

Altersgruppe	Szenario	Zeit (h/d)	MET Fahrrad	Hazard Ratio	RR Mortalität Fitness
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	0.94	5.6	0.66	0.660
	MIV	0.35	0.0	1.00	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	1.07	6.4	0.66	0.660
	MIV	0.33	0.0	1.00	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.07	6.4	0.66	0.660
	MIV	0.37	0.0	1.00	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	1.36	8.2	0.66	0.660
	MIV	0.38	0.0	1.00	
65 und älter	Fahrrad	1.67	10.0	0.66	0.660
	MIV	0.50	0.0	1.00	

Tabelle 60 und Abbildung 51 bis Abbildung 55 zeigen die Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit.

Tabelle 60: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 2d

Altersgruppe	Relatives Risiko			Gewonnene Lebenszeit			
	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Gesamt
18 bis 24 Jahre	1.020	0.998	0.660	-2 Tage	0 Tage	4.1 Wochen	3.8 Wochen
25 bis 34 Jahre	1.023	1.034	0.660	-2 Tage	-4 Tage	1.2 Monate	4.3 Wochen
35 bis 49 Jahre	1.023	1.023	0.660	-1.2 Wochen	-1.2 Wochen	4.1 Monate	3.5 Monate
50 bis 64 Jahre	1.030	1.015	0.660	-1.1 Monate	-2.2 Wochen	12.1 Monate	10.5 Monate
65 und älter	1.037	1.011	0.660	-4.2 Monate	-1.3 Monate	3.3 Jahre	2.8 Jahre

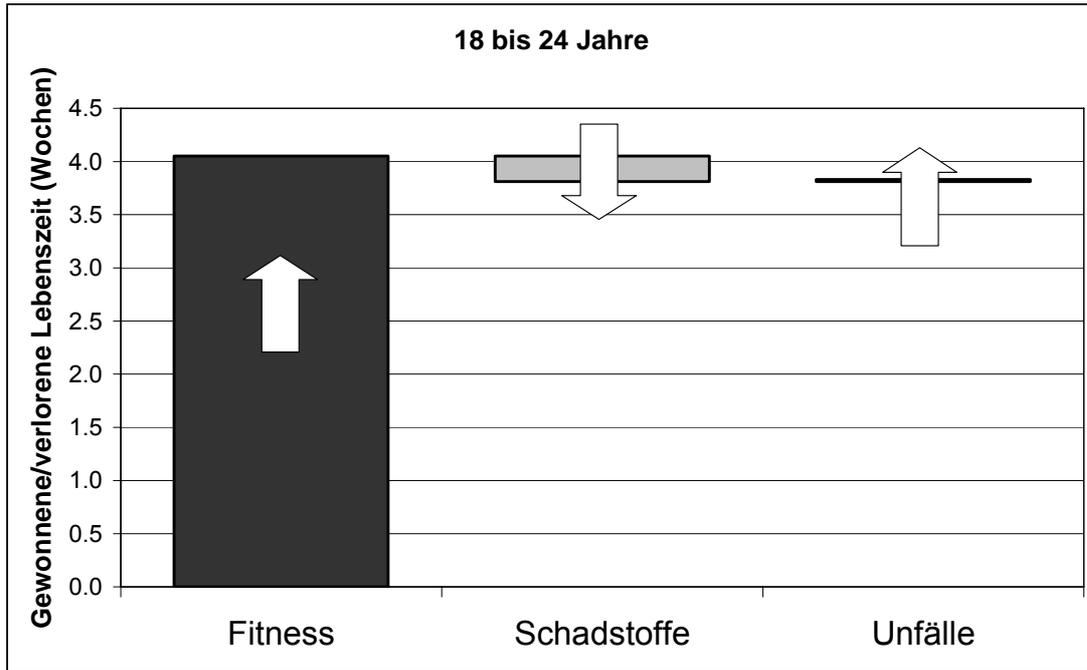


Abbildung 51: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 2d

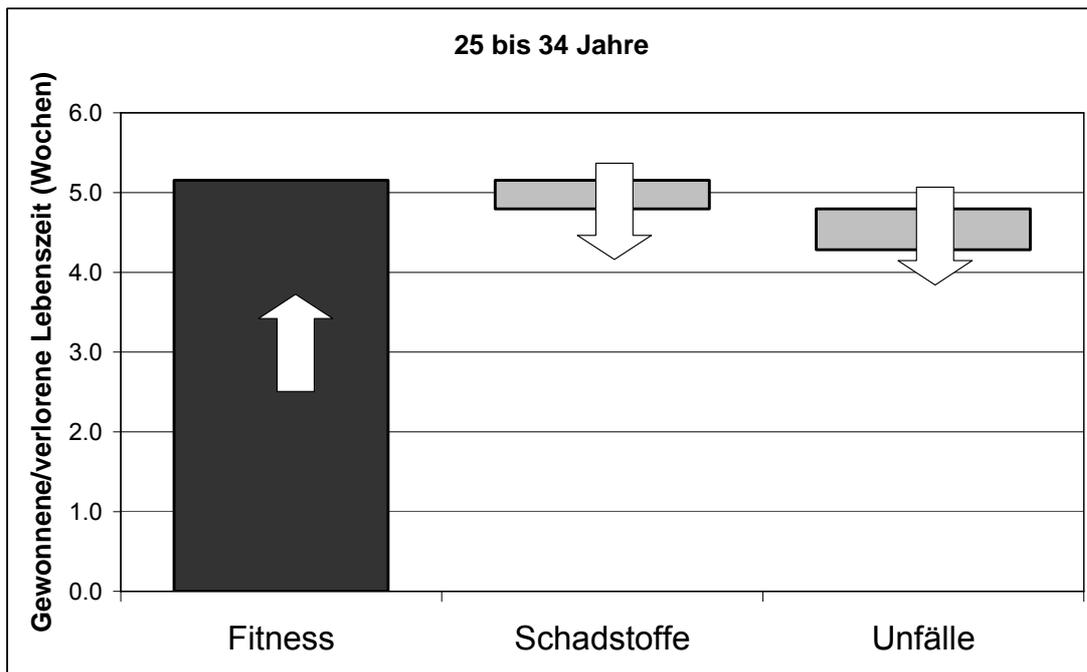


Abbildung 52: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 2d

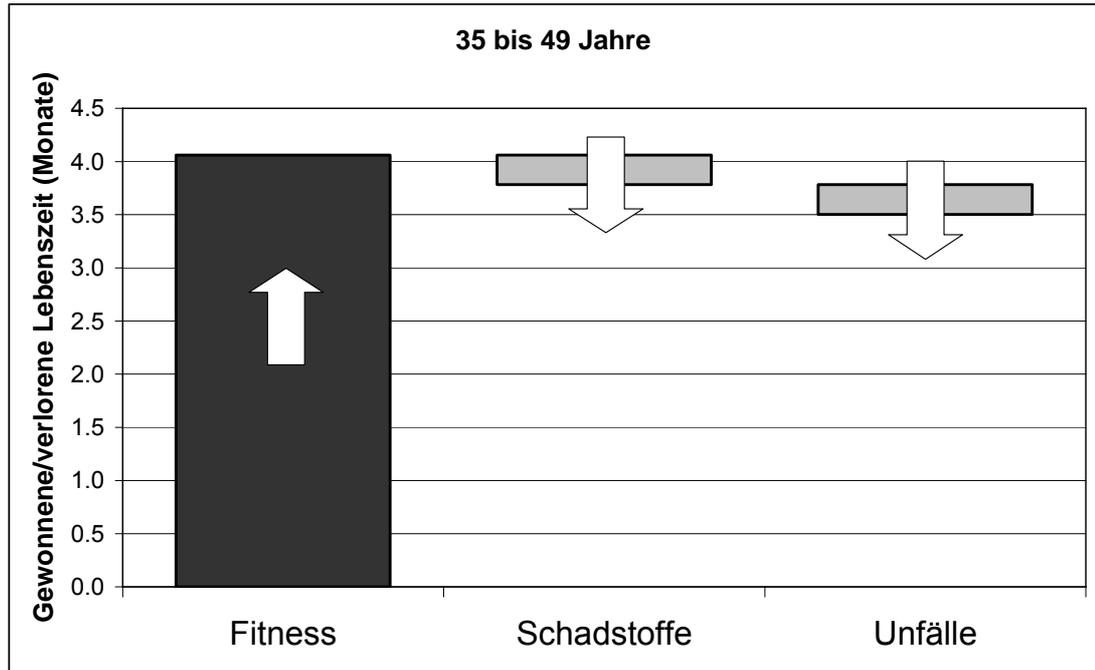


Abbildung 53: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 2d

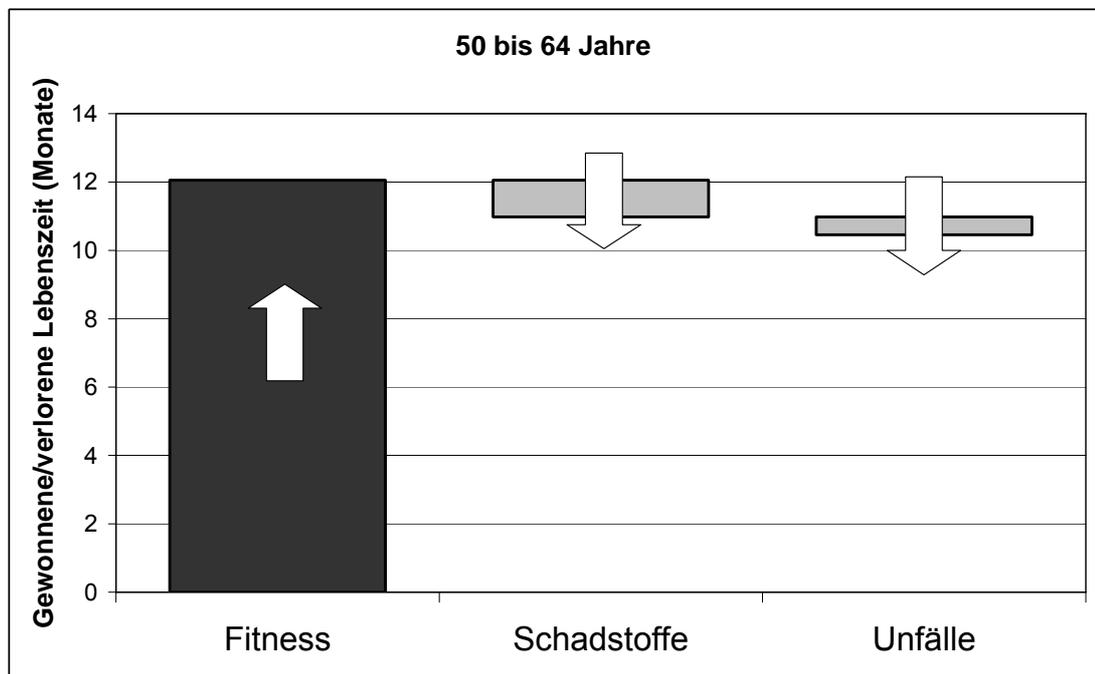


Abbildung 54: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 2d



Abbildung 55: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 2d

3.2.5 Szenario 2e

Im Szenario 2e wird untersucht, wie sich ein Wechsel vom Pkw zum Fahrrad bei einer täglichen Pendeldistanz von 15 km auf die Lebenszeit einer individuellen Person in den verschiedenen Altersgruppen auswirkt. Hintergrund ist dabei die Änderung des Verhaltens eines größeren Kollektivs der Verkehrsteilnehmer. D.h. die zurückgelegten Fahrradkilometer pro Person und Tag verdoppeln sich und damit gehen die Unfallraten durch „Safety by Numbers“ Effekte zurück. Die Fahrradfahrer nutzen hauptsächlich verkehrsberuhigte Straßen, das Verhältnis der PM_{2.5}-Konzentration Fahrrad zu Pkw beträgt 0.74. Die Toxizität der PM_{2.5}-zusammensetzung im Verkehrsraum ist gleich hoch wie die PM_{2.5}-Zusammensetzung der Hintergrundbelastung.

Tabelle 61: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 2e

Altersgruppe	Szenario	Aktivität	Atemvolumen (l/min.) ^a	MV Ratio Rad/Pkw ^a	Entfernung (km)	Geschwindigkeit (km/h) ^b	Dauer (h/d)	Konzentration PM2.5 (µg/m ³) ^c	Verhältnis Pkw/Rad ^c	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Tagesdosis (µg/d) ^d
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.1	20		180.8	
		Pendeln	34.8	2.9	15	16	0.9	24		47.8	277
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.7	20		187.8	
		Pendeln	12		15	43	0.3	33	1.35	8.3	244
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.9	20		179.1	
		Pendeln	34.8	2.9	15	14	1.1	24		54.6	282
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.7	20		188.0	
		Pendeln	12		15	45	0.3	33	1.35	7.9	244
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.9	20		179.1	
		Pendeln	34.8	2.9	15	14	1.1	24		54.6	282
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.6	20		187.6	
		Pendeln	12		15	41	0.4	33	1.35	8.7	244
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.6	20		175.6	
		Pendeln	34.8	2.9	15	11	1.4	24		69.5	293
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.6	20		187.5	
		Pendeln	12		15	40	0.4	33	1.35	8.9	244
65 und älter	Fahrrad	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				14.3	20		172.0	
		Pendeln	34.8	2.9	15	9	1.7	24		85.0	305
	MIV	Schlaf	5				8.0	20		48.0	
		Rest	10				15.5	20		186.0	
		Pendeln	12		15	30	0.5	33	1.35	11.9	246

a) Als typische Werte für das Atemvolumen der Aktivitäten Schlaf und Rest werden 5 und 10 l/min angenommen. Das Atemvolumen der Tätigkeit Autofahren wird gleich wie für die Tätigkeit Rest mit 10 l/min angenommen. Für das Atemvolumen der Aktivität Radfahren wird das 2,9 fache der Tätigkeit Autofahren angenommen. Dieser Wert stellt den Durchschnitt aus drei verschiedenen Studien dar. Siehe (de Hartog et al., 2011; de Hartog et al., 2010; Int Panis, 2011; Int Panis et al., 2010; Zuurbier et al., 2009).

b) Nach (Herry et al., 2010).

c) Die Konzentration vom PM2.5 während der Aktivitäten Schlaf und Rest wird mit der durchschnittlichen europäischen Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ bzw. 10 µg/m³ angenommen (de Hartog et al., 2010). Ausgehend von (de Hartog et al., 2010) und eigenen Messungen in Wien wird die PM2.5-Konzentration während des Radfahrens mit 29 µg/m³ und das Verhältnis der Konzentration Pkw/Fahrrad mit 1,15 angenommen.

d) Berechnung siehe Formel 3.

Tabelle 62 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Schadstoffbelastung in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 62: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 2e

Altersgruppe	Verhältnis Tagesdosis %Rad/Pkw	Durchschnitt PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^a	Äquivalente Änderung in PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ^b	RR Mortalität Verkehr 1x so toxisch ^d
18 bis 24 Jahre	1.13	20.19	2.7	1.016
25 bis 34 Jahre	1.16	20.18	3.1	1.018
35 bis 49 Jahre	1.15	20.20	3.1	1.018
50 bis 64 Jahre	1.20	20.20	4.0	1.024
65 und älter	1.24	20.27	4.9	1.029

a) Siehe Formel 3.

b) Siehe Formel 4.

d) Siehe Formel 5, gleiche Toxizität = 1.

Tabelle 63 zeigt die Ergebnisse der Berechnung des relativen Risikos durch Verkehrsunfälle in den einzelnen Altersklassen.

Tabelle 63: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 2e

Altersgruppe	Szenario	Getötetenrate (je 100 Millionen Pkm) ^a	Wege/Jahr	Weglänge (km/Weg)	Entfernung (km/pers*a)	Mortalitätsrate ^b	RR Mortalität Unfälle ^c
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	2.01962	250	15	3750	7.57E-05	0.9511
	MIV	2.70223	250	15	3750	1.01E-04	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	0.89850	250	15	3750	3.37E-05	1.0130
	MIV	0.71803	250	15	3750	2.69E-05	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.13070	250	15	3750	4.24E-05	1.0137
	MIV	0.61011	250	15	3750	2.29E-05	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	2.31436	250	15	3750	8.68E-05	1.0102
	MIV	0.65418	250	15	3750	2.45E-05	
65 und älter	Fahrrad	6.59883	250	15	3750	2.47E-04	1.0076
	MIV	1.50261	250	15	3750	5.63E-05	

a) Nach Tabelle 14.

b) Siehe Formel 8.

c) Siehe Formel 9.

Tabelle 64 zeigt die Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness.

Tabelle 64: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 2e

Altersgruppe	Szenario	Zeit (h/d)	MET Fahrrad	Hazard Ratio	RR Mortalität Fitness
18 bis 24 Jahre	Fahrrad	0.94	5.6	0.66	0.660
	MIV	0.35	0.0	1.00	
25 bis 34 Jahre	Fahrrad	1.07	6.4	0.66	0.660
	MIV	0.33	0.0	1.00	
35 bis 49 Jahre	Fahrrad	1.07	6.4	0.66	0.660
	MIV	0.37	0.0	1.00	
50 bis 64 Jahre	Fahrrad	1.36	8.2	0.66	0.660
	MIV	0.38	0.0	1.00	
65 und älter	Fahrrad	1.67	10.0	0.66	0.660
	MIV	0.50	0.0	1.00	

Tabelle 65 und Abbildung 56 bis Abbildung 60 zeigen die Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit.

Tabelle 65: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 2e

Altersgruppe	Relatives Risiko			Gewonnene Lebenszeit			
	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Gesamt
18 bis 24 Jahre	1.016	0.951	0.660	-1 Tage	4 Tage	4.1 Wochen	1 Monate
25 bis 34 Jahre	1.018	1.013	0.660	-2 Tage	-1 Tage	1.2 Monate	1.1 Monate
35 bis 49 Jahre	1.018	1.014	0.660	-7 Tage	-5 Tage	4.1 Monate	3.7 Monate
50 bis 64 Jahre	1.024	1.010	0.660	-3.6 Wochen	-1.5 Wochen	12.1 Monate	10.8 Monate
65 und älter	1.029	1.008	0.660	-3.3 Monate	-3.8 Wochen	3.3 Jahre	2.9 Jahre

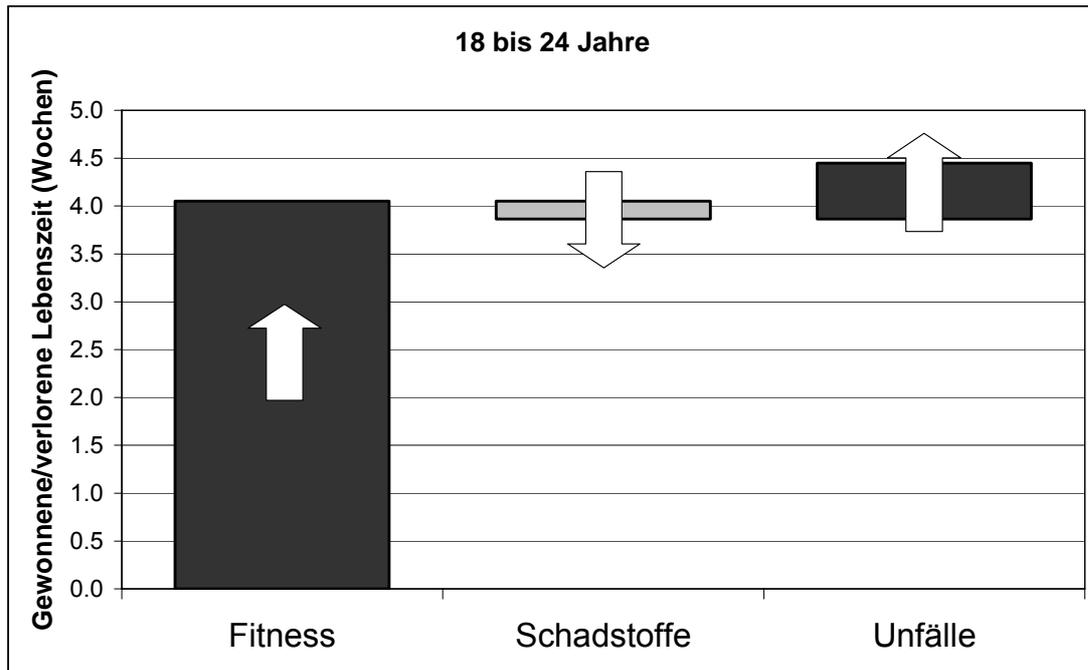


Abbildung 56: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 2e

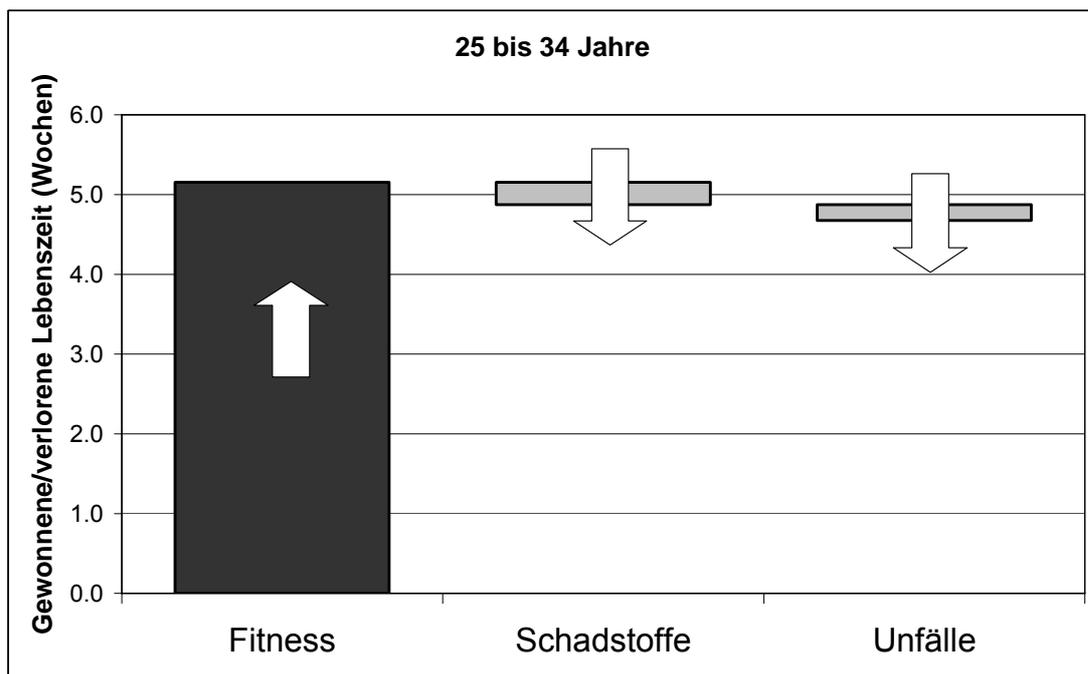


Abbildung 57: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 2e

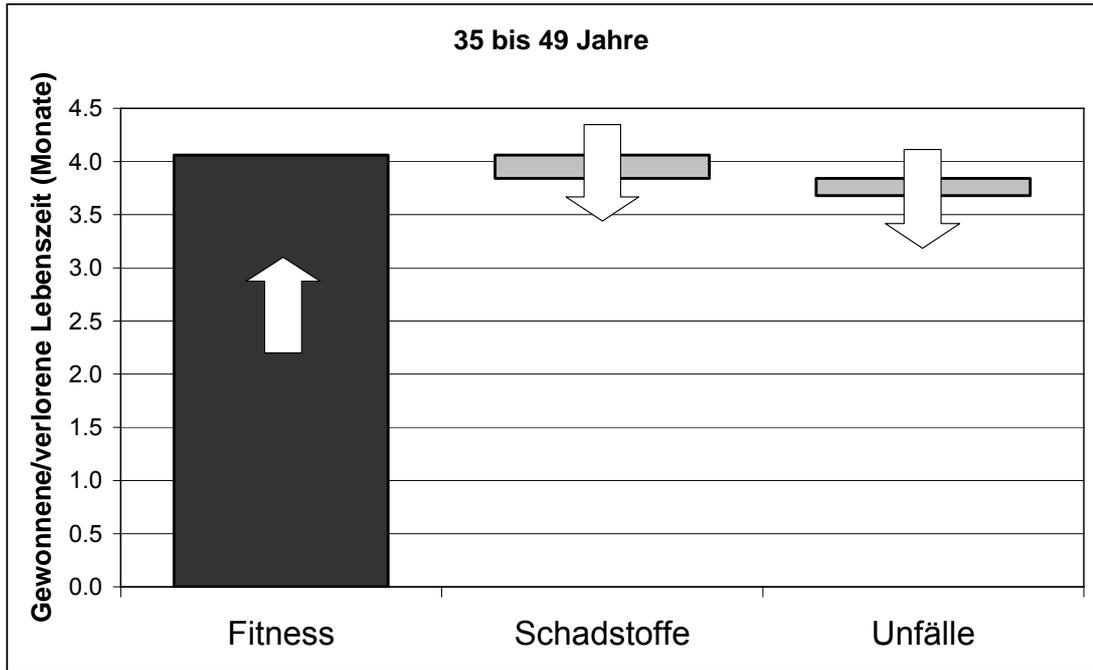


Abbildung 58: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 2e

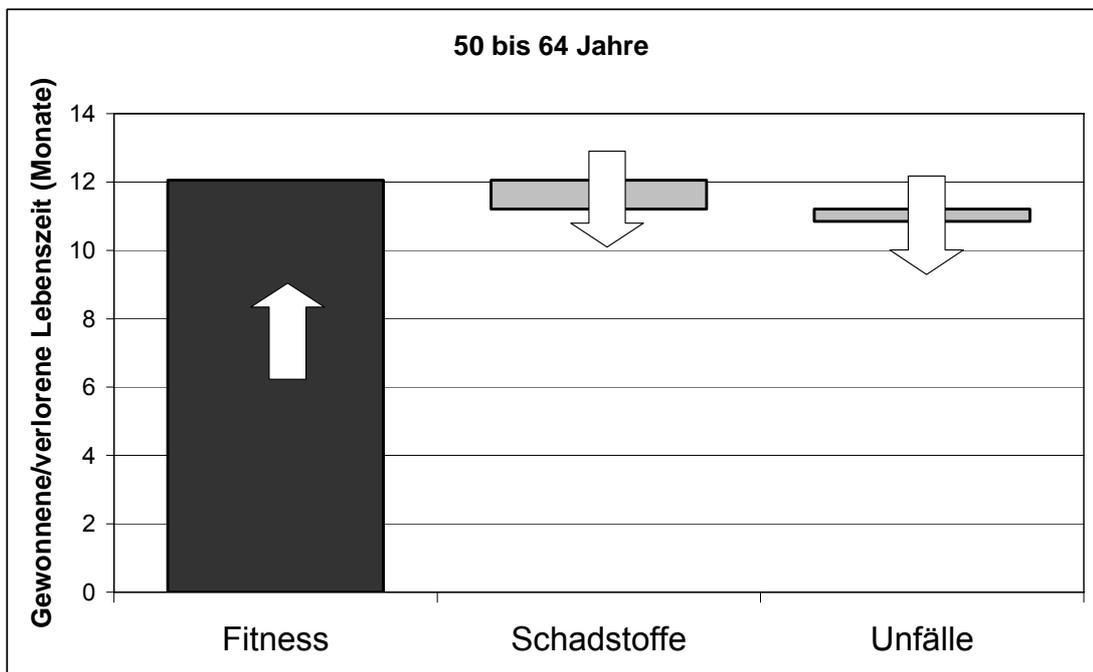


Abbildung 59: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 2e

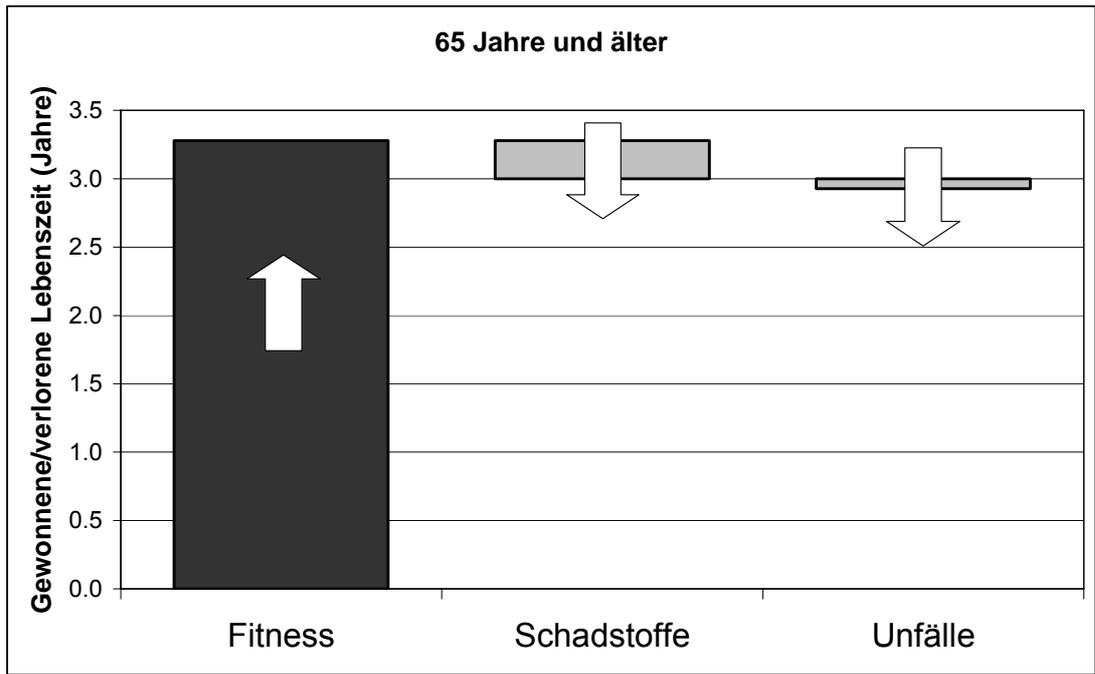


Abbildung 60: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 2e

3.3 Vergleich der Szenarien

In Tabelle 66 und Abbildung 61 bis Abbildung 66 sind die Ergebnisse der zehn betrachteten Szenarien zusammengefasst. Die zusätzlichen gesundheitlich positiven Effekte der längeren Radfahrdistanzen in Szenario 2 werden zum Großteil durch die negativen Auswirkungen der längeren Expositionsdauer der Risikofaktoren überkompensiert. Je nach Szenario verkürzt die Schadstoffbelastung die Lebenszeit um ein halbes Monat bis zu knapp sieben Monaten. Durch Unfälle verkürzt sich die Lebenszeit je nach Szenario um 0,7 bis 2,1 Wochen. Dem steht je nach Szenario eine gewonnene Lebenszeit von 12,2 bis 12,5 Monaten gegenüber.

Tabelle 66: Zusammenfassung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit nach Szenario

Nr.	Entfernung	Individuell/ Kollektiv ^{a)}	Schadstoff- konzentration ^{b)}	Toxizität ^{c)}	Schadstoff- belastung	Unfälle	Physische Fitness	Gesamt
1a	7,5 km/d	Individuell	hoch	5-fach	-3,2 Monate	-1 Wochen	12,2 Monate	8,7 Monate
1b	7,5 km/d	Kollektiv	hoch	5-fach	-3,2 Monate	-0,7 Wochen	12,2 Monate	8,8 Monate
1c	7,5 km/d	Individuell	niedrig	5-fach	-2,5 Monate	-1 Wochen	12,2 Monate	9,4 Monate
1d	7,5 km/d	Individuell	hoch	1-fach	-0,6 Monate	-1 Wochen	12,2 Monate	11,3 Monate
1e	7,5 km/d	Kollektiv	niedrig	1-fach	-0,5 Monate	-0,7 Wochen	12,2 Monate	11,5 Monate
2a	15 km/d	Individuell	hoch	5-fach	-6,6 Monate	-2,1 Wochen	12,5 Monate	5,3 Monate
2b	15 km/d	Kollektiv	hoch	5-fach	-6,6 Monate	-1,3 Wochen	12,5 Monate	5,5 Monate
2c	15 km/d	Individuell	niedrig	5-fach	-5,1 Monate	-2,1 Wochen	12,5 Monate	6,8 Monate
2d	15 km/d	Individuell	hoch	1-fach	-1,2 Monate	-2,1 Wochen	12,5 Monate	10,7 Monate
2e	15 km/d	Kollektiv	niedrig	1-fach	-1 Monate	-1,3 Wochen	12,5 Monate	11,1 Monate

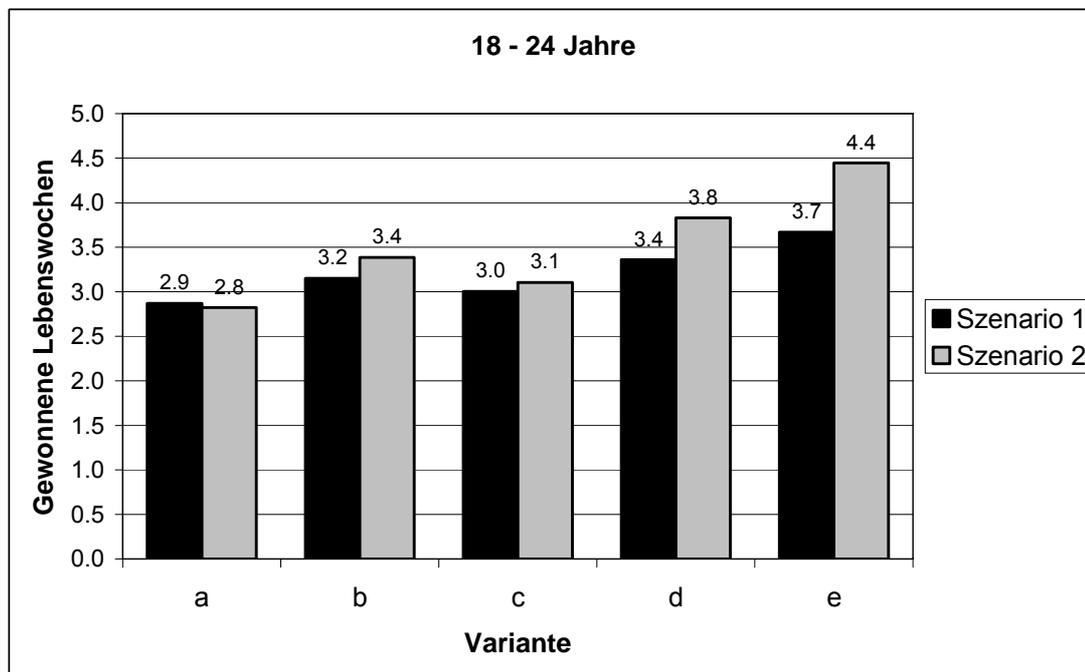


Abbildung 61: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Altergruppe 18 bis 24 Jahre

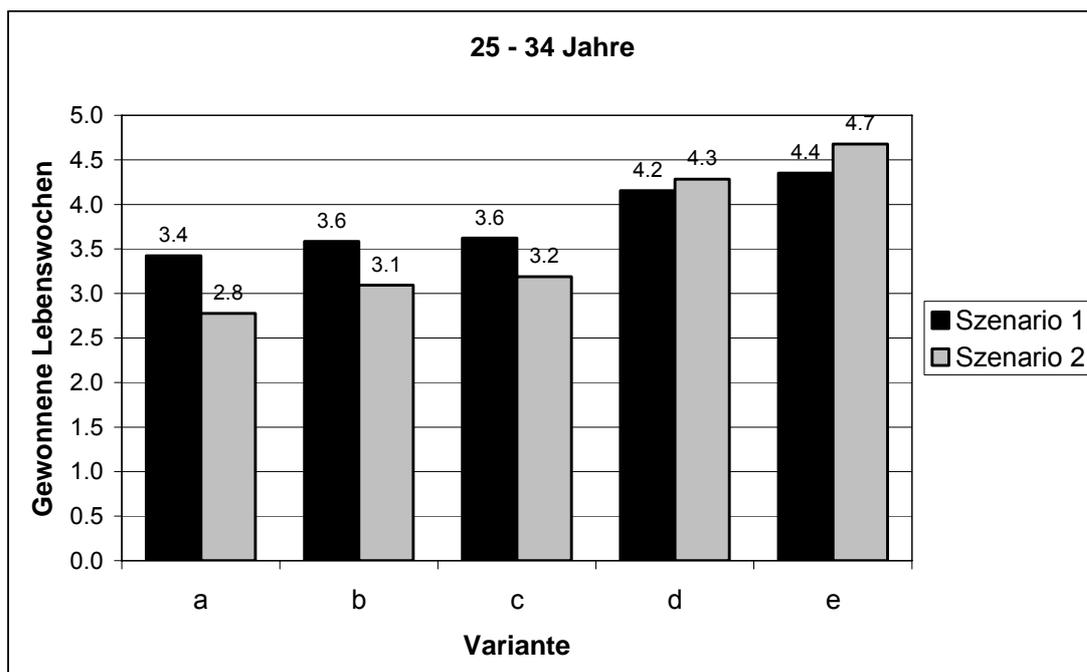


Abbildung 62: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Altergruppe 25 bis 34 Jahre

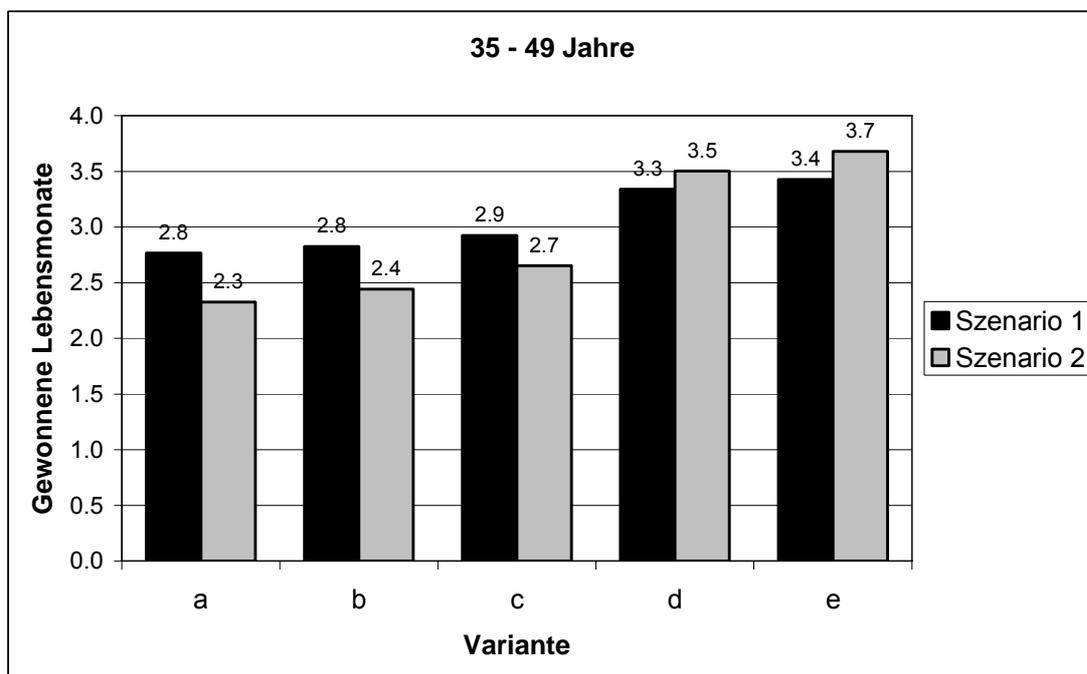


Abbildung 63: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Altergruppe 35 bis 49 Jahre

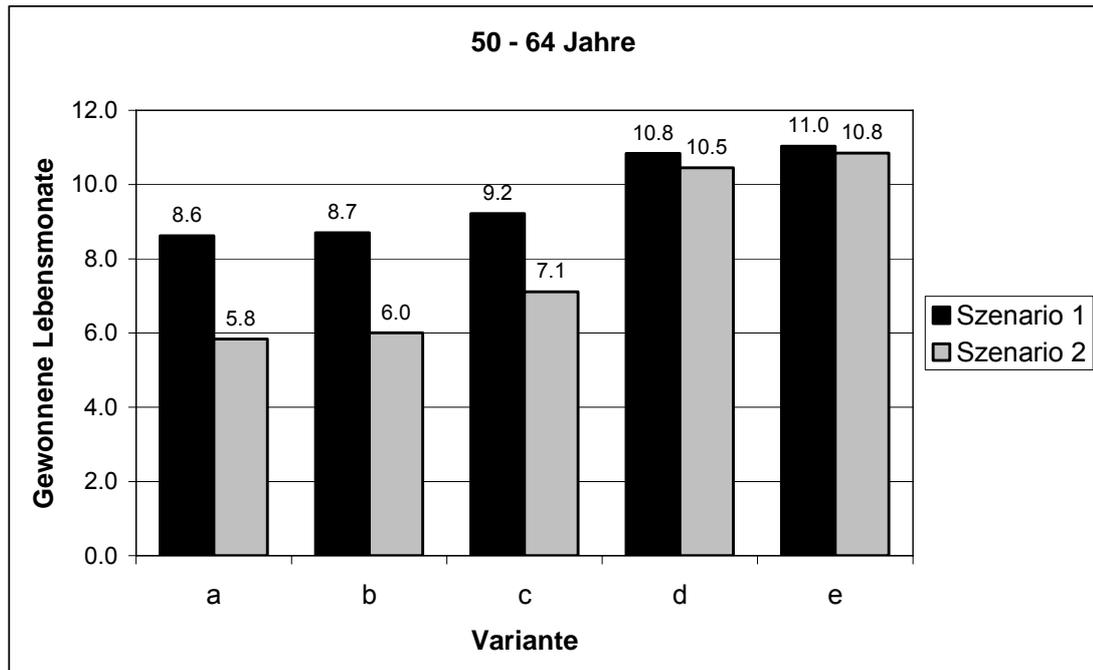


Abbildung 64: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Altersgruppe 50 bis 64 Jahre

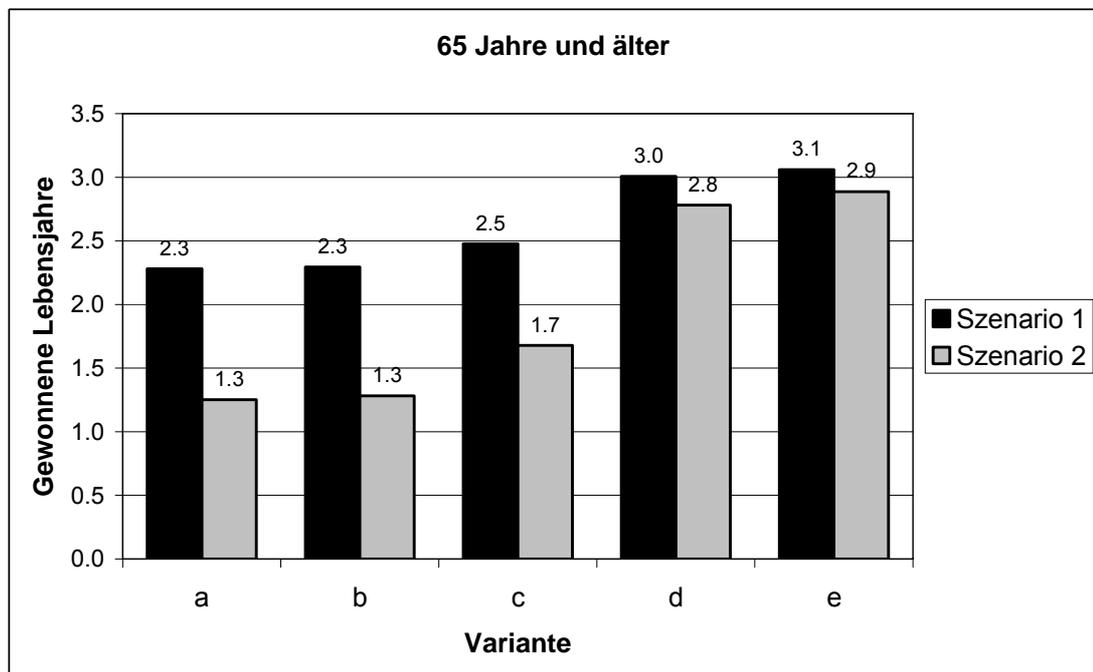


Abbildung 65: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Altersgruppe 65 und mehr Jahre

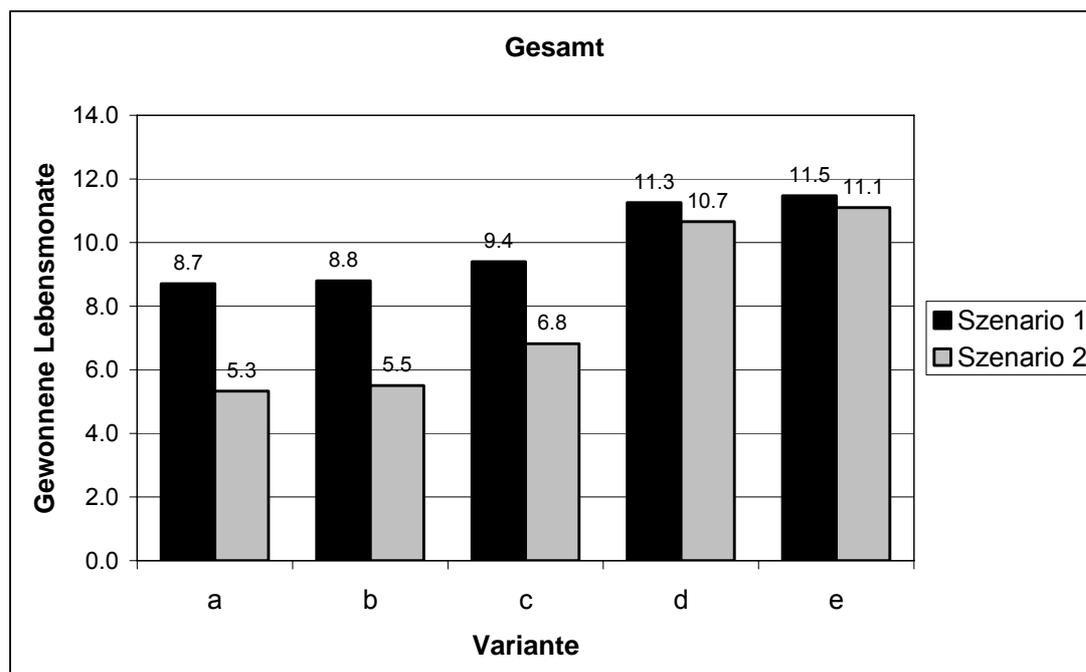


Abbildung 66: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Bevölkerungsdurchschnitt

3.4 Vergleich mit den Ergebnissen anderer Quellen

In (de Hartog et al., 2010) werden die gesundheitlich positiven und negativen Effekte bilanziert, welche dabei entstehen, wenn 500.000 Personen ihre kurzen Wege mit dem Pkw durch Radfahrten ersetzen. Die Effekte bezüglich der Mortalität wurden mit Hilfe von Sterbetafeln als gewonnene bzw. verlorene Lebensjahre berechnet. Nach (de Hartog et al., 2010) ist die durch die positiven Gesundheitseffekte der physischen Aktivität gewonnene Lebenszeit (3-14 Monate) substantiell höher ist, als die durch die gesundheitlich negativen Effekte der Schadstoffbelastung (0,8-40 Tage) und der Verkehrsunfälle (5-9 Tage) verlorene Lebenszeit. Der Effekt des Wechsels vom Pkw zum Fahrrad ist selbst bei der ungünstigsten Kombination der angegebenen Bandbreiten positiv (Abbildung 67).

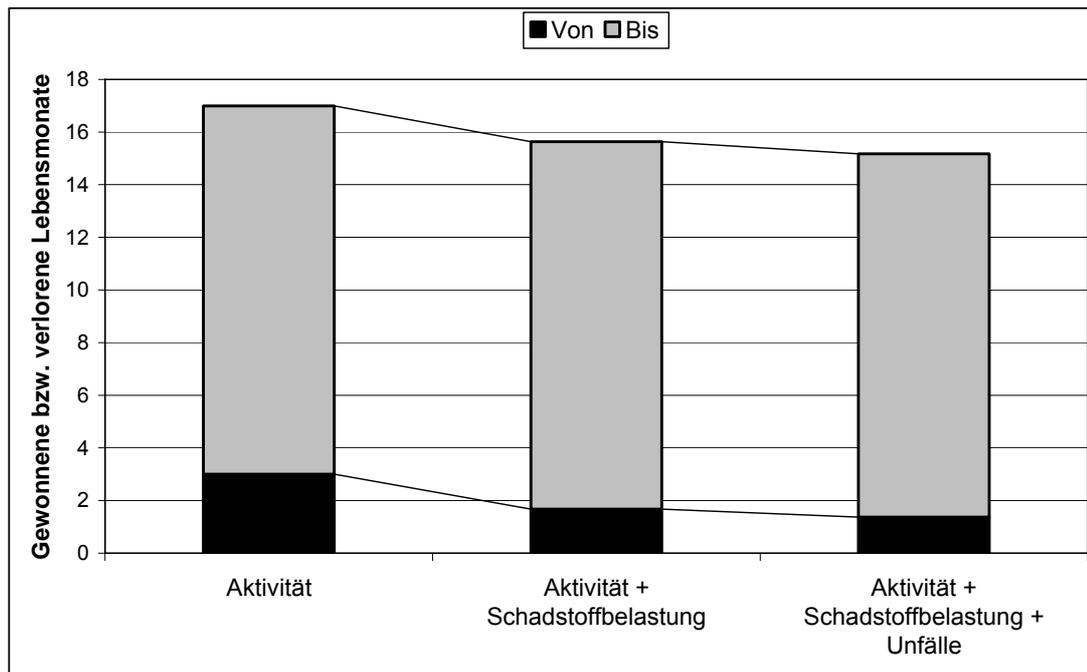


Abbildung 67: Durch Substitution kurzer Pkw-Wege durch Radfahrten gewonnene bzw. verlorene Lebensmonate; Quelle: (de Hartog et al., 2010)

Tabelle 67 vergleicht die Ergebnisse der in BikeRisk berechneten Werte mit den Ergebnissen von (de Hartog et al., 2010). Die Ergebnisse liegen in einem durchaus vergleichbaren Rahmen.

Tabelle 67: Vergleich der Berechnungen der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit Szenario 1a mit (de Hartog et al., 2010)

Altersgruppe ^{a)}	Quelle	Luftschadstoffe	Unfälle	Physikalische Fitness	Gesamt
Junge Erwachsene	Eigene Berechnungen	-6.0 Tage	-1.0 Tage	4.1 Wochen	3.2 Wochen
	(de Hartog et al., 2010)	-3.0 Tage	-1.0 Tage	1.0 Monate	3.8 Wochen
Reife Erwachsene	Eigene Berechnungen	-1.6 Monate	-1.1 Wochen	11.6 Monate	9.8 Monate
	(de Hartog et al., 2010)	-2.7 Wochen	-3.0 Tage	6.0 Monate	5.3 Monate
Senioren	Eigene Berechnungen	-11.0 Monate	-2.7 Wochen	3.3 Jahre	2.3 Jahre
	(de Hartog et al., 2010)	-2.0 Monate	-1.6 Wochen	2.0 Jahre	1.8 Jahre
Gesamt	Eigene Berechnungen	-3.2 Monate	-1.2 Wochen	1.2 Jahre	11.2 Monate
	(de Hartog et al., 2010) ^{b)}	-1.3 Monate	-7 Tage	1 Jahre	10.6 Monate

a) Die Einteilung der Altersklassen stimmt nicht exakt überein. In den eigenen Berechnungen wird die Altersklasse der „Jungen Erwachsenen“ von der Gruppe der 18 bis 34 Jährigen gebildet, in (de Hartog et al., 2010) von den 18 bis 39 Jährigen. Entsprechend wird die Altersklasse der „Reifen Erwachsenen“ von den 35 bis 64 Jährigen bzw. den 40 bis 64 Jährigen gebildet.

b) Annahme Gleichverteilung der Personen.

4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Rahmen des Projekts BikeRisk (Risiken des Radfahrens im Alltag) wurden die gesundheitlich negativen Aspekte des Radfahrens im Alltag detailliert untersucht. Den Ausgangspunkt bildete dabei eine unter der Federführung des Büros Herry Consult GmbH durchgeführte Analyse vorhandener Daten aus aktuellen Mobilitätsbefragungen aus Vorarlberg und Niederösterreich (Amt der NÖ Landesregierung and NÖ Landesakademie, 2009; Herry et al., 2009; Herry et al., 2010). Mit Hilfe einer Clusteranalyse wurden acht Lebens- und Mobilitätsstile definiert: Jugend-Community, Bildungs- und Karrierehungrige, Ernährer, Familienmanagerinnen, Arbeits- und Erlebnisorientierte, Gleichberechtigte Familienpartner, PKW-Senioren und Umweltverbund-Senioren. Mit Hilfe verschiedener Struktur- und Mobilitätsdaten wurden die Ergebnisse der Clusteranalyse der Daten aus Niederösterreich und Vorarlberg auf Gesamtösterreich hochgerechnet.

Unter der Leitung des Kuratoriums für Verkehrssicherheit wurde eine detaillierte Analyse des Unfallgeschehens in Österreich durchgeführt (Hildebrandt et al., 2011). Neben den Daten über die polizeilich gemeldeten Unfälle mit Personenschaden aus der Verkehrsunfallstatistik wurden auch die Daten aus der Injury Database (IDB Austria) in die Analyse mit einbezogen. Es wurde damit versucht, die Größenordnung der vermuteten hohen Dunkelziffer vor allem bei Fahrradalleinunfällen zu bestimmen. Ein besonderes Augenmerk bei der Analyse galt weiters den Themen Helmtragen und Alkoholunfälle. Mit Hilfe der aus den hochgerechneten Daten der Mobilitätsbefragungen ermittelten Fahrleistungen wurde eine Risikoanalyse durchgeführt, d.h. es wurden die Verunglückten- und Getötetenraten für verschiedene Verkehrsmittel und Altersgruppen berechnet. Von den Lebens- und Mobilitätsstilgruppen weisen die Ernährer die höchste Wahrscheinlichkeit auf, im Verkehr zu verunglücken oder getötet zu werden. Verantwortlich für das hohe Risiko sind überdurchschnittlich viele und lange Wege mit dem Pkw. Die geringste Wahrscheinlichkeit im Verkehr zu verunglücken, weist die Jugend-Community auf. Zurückzuführen ist das niedrige Risiko auf unterdurchschnittlich viel Pkw-Wege und überdurchschnittlich viel ÖV-Wege. Das Risiko der Ernährer im Verkehr zu verunglücken ist etwas mehr als doppelt so hoch wie jenes der Jugend-Community. Das Risiko der Ernährer, im Verkehr getötet zu werden, ist sogar mehr als dreimal so hoch wie jenes der Jugend-Community.

Eine Literaturstudie und die Auswertung vorhandener Daten haben gezeigt, dass steigende Radnutzung zu einer Senkung des Unfallrisikos für Radfahrer führt. Die Förderung des Radfahrens im Alltag führt also längerfristig zu einer Reduktion des Risikos.

Unter der Leitung des Umweltbundesamts wurde eine Literaturstudie zum Thema Schadstoffbelastung im Verkehr durchgeführt (Ibesich, 2011). Darauf aufbauend wurden mit einem vom Umweltbundesamt angeschafften mobilen Feinstaubmessgerät die Belastungen auf Wegen mit Fahrrad, öffentlichem Verkehr, Moped und Pkw gemessen. Für innerstädtische Fahrradfahrten wurde eine mittlere PM_{2,5} Konzentration von 31,3 µg/m³ bei einer durchschnittlichen Hintergrundbelastung im Jahr 2010 in Wien von 22 µg/m³ gemessen. Der gemessene Wert liegt innerhalb der in der Literatur gefundenen Messwerte von 28-72 µg/m³ (Adams et al., 2001; Boogard et al., 2009; Kaur et al., 2005; Zuurbier et al., 2010) nach (de Hartog et al., 2010). In der Auswertung wurden sowohl Vergleiche zwischen den Verkehrsmitteln als auch zwischen verkehrsberuhigten und stark belasteten Routen durchgeführt. Aufgrund der geringen Zahl der Messungen im öffentlichen Verkehr und in Pkws ist der

direkte Vergleich allerdings nur eingeschränkt aussagekräftig. Die durchgeführten Messungen zeigen, dass die PM_{2,5}-Konzentration auf verkehrsberuhigten Routen statistisch signifikant niedriger ist als auf stark befahrenen Routen. Die gemessenen Unterschiede in der PM_{2,5}-Konzentration bewegen sich dabei im Bereich von rund -10 % bis zu rund -30 %. Mit Hilfe gemessener Daten über die Herzfrequenz und Daten aus der Literatur wurde auf den Atmungsumfang und die eingeatmete PM_{2,5}-Dosis rückgeschlossen. Die eingeatmete Dosis beim Radfahren beträgt je nach Szenario 3,2 µg/km bis 6,7 µg/km. Bei einer Pkw-Fahrt beträgt die eingeatmete PM_{2,5}-Dosis je nach Szenario 0,5 µg/km bis 0,8 µg/km.

Abschließend soll noch festgestellt werden, dass die mobilen Feinstaubmessungen aufgrund der relativ geringen Anzahl nur einen stichprobenartigen Charakter haben. Um die Aussagekraft zu erhöhen, sind weitere umfangreiche Messfahrten zu empfehlen.

Die Arbeiten des Projekts BikeRisk wurden in enger Abstimmung und Kooperation mit dem vom Fonds Gesundes Österreich geförderten Projekts „Gesundheitlicher Nutzen des Radfahrens als Transportmittel“ durchgeführt (Oja et al., 2010). Da im Projekt BikeRisk die gesundheitlich positiven Effekte des Radfahrens nicht untersucht wurden, wurde für die abschließende Bilanzierung der gesundheitlich positiven und negativen Effekte des Radfahrens auf die Ergebnisse dieser Studie zurückgegriffen. Die Bilanzierung erfolgte mit Hilfe der Berechnung der gewonnenen bzw. verlorenen Lebenszeit. Dazu wurde für eine Änderung des Verkehrsverhaltens der ausgewählten Altersgruppen das relative Risiko durch die daraus resultierende Änderung der Schadstoffbelastung, des Unfallrisikos und der körperlichen Fitness berechnet. Insgesamt wurden zehn verschiedene Szenarien eines Umstiegs vom Pkw-Fahrer auf Fahrradfahren untersucht. Neben der täglich zurückgelegten Entfernung wurden dabei Annahmen über die Entwicklung der Unfallraten, die gewählten Routen und die Toxizität der Schadstoffbelastung im Verkehrsraum im Vergleich zur Hintergrundbelastung variiert.

Je nach Szenario verkürzt die Schadstoffbelastung die Lebenszeit um ein halbes Monat bis zu knapp sieben Monaten. Durch Unfälle verkürzt sich die Lebenszeit je nach Szenario um 0,7 bis 2,1 Wochen. Dem steht je nach Szenario eine durch die verbesserte körperliche Fitness gewonnene Lebenszeit von 12,2 bis 12,5 Monaten gegenüber. Generell können die Ergebnisse wie folgt zusammengefasst werden: Die positiven Effekte der durch das Radfahren verbesserten körperlichen Fitness wiegen für eine durchschnittliche Person unter fast allen denkbaren Umständen die Risiken durch eine erhöhte Schadstoffbelastung und ein erhöhtes Unfallrisiko auf. Die Förderung des Radfahrens im Alltag ist daher nicht nur aus verkehrsplanerischer sondern auch aus gesundheitspolitischer Sicht zu empfehlen.

Nichtsdestotrotz existiert ein signifikantes Potential zur Senkung des bestehenden Risikos des Radfahrens. Wie die durchgeführten Feinstaubmessungen gezeigt haben, liegt die Belastung in verkehrsberuhigten Straßen signifikant unter jener in stark befahrenen Straßen. Umwege können den Effekt der niedrigeren Schadstoffkonzentration durch die längere Exposition aber wieder ausgleichen oder sogar umkehren. Es muss daher die Aufgabe der Verkehrsplanung sein, möglichst viele verkehrsberuhigte, direkte Radverbindungen ohne Zwang zu Umwegen zur Verfügung zu stellen.

5 Literatur

- Adams, H. S., Nieuwenhuijsen, M. J., Colvile, R. N., McMullen, M. A. S., and Khandelwal, P. (2001). "Fine particle (PM_{2.5}) personal exposure levels in transport microenvironments, London, UK." *Science of the Total Environment* (279), 29-44.
- Amt der NÖ Landesregierung, and NÖ Landesakademie. (2009). "Mobilität in Niederösterreich – Ergebnisse der landesweiten Mobilitätsbefragung 2008." St. Pölten.
- BMVIT. (2010). "Radverkehr in Zahlen." Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/strasse/downloads/riz.pdf.
- Boogard, H., Borgman, F., Kamminga, J., and Hoek, G. (2009). "Exposure to ultrafine and fine particles and noise during cycling and driving in 11 Dutch cities." *Atmospheric Environment* (43), 4234-4242.
- de Hartog, J. J., Boogard, H., Hoek, G., and Nijland, H. (2011). "Cycling: de Hartog et al. Respond." *Environmental Health Perspectives*, 119 (3), 114-115.
- de Hartog, J. J., Boogard, H., Nijland, H., and Hoek, G. (2010). "Do the health Benefits of Cycling Outweigh the Risks?" *Environmental Health Perspectives*, 118 (8), 1109-1116.
- Hanika, A., and Trimmel, H. (2005). "Sterbetafel 2000/02 für Österreich." *Statistische Nachrichten* (2/2005), 121-131.
- Herry, M., Steinacher, I., and Tomschy, R. (2009). *Mobilität in Vorarlberg - Ergebnisse der Verkehrsverhaltensbefragung 2008*, HERRY Consult GmbH im Auftrag von Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abt. VIa – Allgemeine Wirtschaftsangelegenheiten, Wien.
M:\MitarbeiterInnen\PPF\Bibliothek\Daten\Hauhaltsbefragungen\verkehrsbefragungv orarlberg2008.pdf.
- Herry, M., Steinacher, I., and Tomschy, R. (2010). "StilMobil: Lebensstil - Mobilitäts-Matrix Österreich." Im Auftrag des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung V/5, Verkehr/Mobilität/Siedlungswesen/Lärm Wien.
- Hildebrandt, B., Mayer, E., and Schweninger, M. (2011). "Projekt Risiken des Radfahrens im Alltag (BikeRisk), Arbeitspaket: Risiken durch Verkehrsunfälle - Endbericht." KfV Sicherheit Service GmbH, Bereich Präventionsberatung, Im Auftrag des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- Ibesich, N. (2011). "Projekt Risiken des Radfahrens im Alltag (BikeRisk), Arbeitspaket: Risiken durch Schadstoffe - Endbericht." KfV Sicherheit Service GmbH, Bereich Präventionsberatung, Im Auftrag des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- Int Panis, L. (2011). "Cycling: Health Benefits and Risk." *Environmental Health Perspectives*, 119 (3), 114.
- Int Panis, L., de Geus, B., Vandenbulcke, G., Willems, H., Degraeuwe, B., Bleux, N., Mishra, V., Thomas, I., and Meeusen, R. (2010). "Exposure to particulate matter in traffic: A comparison of cyclists and car passengers." *Atmospheric Environment*.
- Jacobsen, P. (2003). "Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling." *Injury Prevention* (9), 205-209.
- Kaur, S., Nieuwenhuijsen, M. J., and Colvile, R. N. (2005). "Pedestrian exposure to air pollution along a major road in Central London, UK." *Atmospheric Environment*, 39 (38), 7307-7320.

- Oja, P., Titze, S., Kohlberger, T., and Samitz, G. (2010). "Gesundheitlicher Nutzen des Radfahrens als Transportmittel." Gesundheit Österreich GmbH und Geschäftsbereich Fonds Gesundes Österreich (Hrsg.), Wien.
- Peck, C. (2009). "Safety in numbers - evidence from 101 local authorities in England." *Velocity 2009 - Re-cycling cities*, Brussels.
- Robatsch, K., Kräutler, C., and Strnad, B. (2009). *Grundlagen der Verkehrssicherheit*, IVS - Schriften, 33, Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien.
- Socialdata. (2010). "Fahrradnutzung in Wien 2009." im Auftrag der MA 18 der Stadt Wien, Wien.
- Stadt Wien. (2008). "Masterplan Verkehr 2003, Evaluierung und Fortschreibung 2008." *Werkstattberichte* (Nr. 95).
- Statistik Austria. (2010). "Jährliche Sterbetafeln seit 1947 für Österreich." Statistik Austria, Wien, www.statistik.at/web_de/Redirect/index.htm?dDocName=022707, Zugriff: 28.04.2011.
- WHO. (2006). "Air Quality Guidelines. Global Update 2005." WHO Regional Office for Europe.
- Zuurbier, M., Hoek, G., Oldenewening, M., Lenters, V., Meliefste, K., van den Hazel, P., and Brunekreef, B. (2010). "Commuters' exposure to particulate matter air pollution is affected by mod of transport, fuel type and route." *Environmental Health Perspectives* (118), 783-789.
- Zuurbier, M., Hoek, G., van den Hazel, P., and Brunekreef, B. (2009). "Minute ventilation of cyclists, car and bus passengers: an experimental study." *Environmental Health*, 8 (48).

6 Abbildungsverzeichnis

Figure 1: Modal share of daily trips by life style and mobility groups; Source: (Herry et al., 2010).....	ix
Figure 2: Relation between casualty rate and shar of cycling in Vienna, 2002-2009	xii
Abbildung 1: Anteil an den täglichen Wegen nach Lebens- und Mobilitätsstil; Quelle: (Herry et al., 2010).....	ii
Abbildung 2: Gegenüberstellung der Verunglücktenrate und Radverkehrsanteile in Wien, 2002 – 2009	v
Abbildung 3: Größen der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich	6
Abbildung 4: Risiko, innerhalb eines Jahre im Verkehr zu verunglücken, nach Lebensstil-Mobilitäts-Gruppe, Durchschnitt 2005 – 2009	16
Abbildung 5: Risiko, innerhalb eines Jahre im Verkehr getötet zu werden, nach Lebensstil-Mobilitäts-Gruppe, Durchschnitt 2005 – 2009	18
Abbildung 6: Gegenüberstellung der Verunglücktenrate und Radverkehrsanteile in Wien, 2002 – 2009	20
Abbildung 7: Gegenüberstellung der Verunglücktenrate und der zurückgelegten Fahrradkilometer je Einwohner in Wien, 2002 – 2008.....	21
Abbildung 8: Gegenüberstellung der Getötetenrate und der zurückgelegten Fahrradkilometer je Einwohner in Europa.....	21
Abbildung 9: Gegenüberstellung Fahrradanteil und Verunglückte je 10.000 Pendler in 104 englischen Regionen	22
Abbildung 10: Angenommener Zusammenhang zwischen MET-Stunden und Hazard Ratios; Quelle: eigene Berechnungen nach (Oja et al., 2010)	24
Abbildung 11: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 1a	30
Abbildung 12: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 1a	30
Abbildung 13: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 1a	31
Abbildung 14: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 1a	31

Abbildung 15: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 1a	32
Abbildung 16: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 1b.....	36
Abbildung 17: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 1b.....	36
Abbildung 18: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 1b.....	37
Abbildung 19: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 1b.....	37
Abbildung 20: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 1a	38
Abbildung 21: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 1c.....	42
Abbildung 22: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 1c.....	42
Abbildung 23: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 1c.....	43
Abbildung 24: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 1c.....	43
Abbildung 25: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 1c.....	44
Abbildung 26: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 1d.....	48
Abbildung 27: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 1d.....	48
Abbildung 28: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 1d.....	49
Abbildung 29: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 1d.....	49
Abbildung 30: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 1d	50
Abbildung 31: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 1e.....	54

Abbildung 32: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 1e	54
Abbildung 33: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 1e	55
Abbildung 34: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 1e	55
Abbildung 35: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 1e.....	56
Abbildung 36: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 2a	60
Abbildung 37: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 2a	60
Abbildung 38: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 2a	61
Abbildung 39: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 2a	61
Abbildung 40: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 2a.....	62
Abbildung 41: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 2b	66
Abbildung 42: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 2b	66
Abbildung 43: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 2b	67
Abbildung 44: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 2b	67
Abbildung 45: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 2b.....	68
Abbildung 46: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 2c	72
Abbildung 47: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 2c	72
Abbildung 48: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 2c	73

Abbildung 49: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 2c.....	73
Abbildung 50: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 2c.....	74
Abbildung 51: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 2d.....	78
Abbildung 52: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 2d.....	78
Abbildung 53: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 2d.....	79
Abbildung 54: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 2d.....	79
Abbildung 55: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 2d	80
Abbildung 56: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 18 bis 24 Jahre, Szenario 2e.....	84
Abbildung 57: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 25 bis 34 Jahre, Szenario 2e.....	84
Abbildung 58: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 35 bis 49 Jahre, Szenario 2e.....	85
Abbildung 59: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 50 bis 64 Jahre, Szenario 2e.....	85
Abbildung 60: Gewonnene und verlorene Lebenszeit Altersgruppe 65 Jahre und älter, Szenario 2e	86
Abbildung 61: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Altersgruppe 18 bis 24 Jahre	87
Abbildung 62: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Altersgruppe 25 bis 34 Jahre	88
Abbildung 63: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Altersgruppe 35 bis 49 Jahre	88
Abbildung 64: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Altersgruppe 50 bis 64 Jahre	89
Abbildung 65: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Altersgruppe 65 und mehr Jahre.....	89

Abbildung 66: Vergleich der gewonnenen Lebenszeit Szenarien 1 und 2, Varianten a bis e, Bevölkerungsdurchschnitt..... 90

Abbildung 67: Durch Substitution kurzer Pkw-Wege durch Radfahrten gewonnene bzw. verlorene Lebensmonate; Quelle: (de Hartog et al., 2010) 91

7 Tabellenverzeichnis

Table 1: Distance traveled by mode of transport and life style and mobility groups (km/pers*a).....	x
Table 2: Casualty time rates per 100,000 hours travelled by mode of transport and age group, average 2005 - 2009; Sources: Number of casualties: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobility data: (Herry et al., 2010).....	x
Table 3: Death time rates per 10 million hours travelled by mode of transport and age group, average 2005 - 2009; Sources: Number of deaths: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobility data: (Herry et al., 2010).....	xi
Table 4: Summary of the results of the calculation of gained and lost life time.....	xiv
Tabelle 1: Verkehrsleistung nach Verkehrsmittel und Lebens- und Mobilitätsstil (km/Pers*a)iii	
Tabelle 2: Verunglücktenzeirrate pro 100.000 Stunden Verkehrsbeteiligungsdauer nach Verkehrsbeteiligung und Altersklasse, Durchschnitt 2005 – 2009, Quellen: Verunglücktenzahlen: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobilitätszahlen: (Herry et al., 2010).....	iii
Tabelle 3: Getötetenzeirrate pro 10 Mio. Stunden Verkehrsbeteiligungsdauer nach Verkehrsmittel und Altersklasse, Durchschnitt 2005 – 2009, Quellen: Verunglücktenzahlen: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobilitätszahlen: (Herry et al., 2010).....	iv
Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse der Berechnung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit nach Szenario.....	vii
Tabelle 5: Struktur der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich (1)	7
Tabelle 6: Struktur der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich (2)	8
Tabelle 7: Struktur der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich (3)	9
Tabelle 8: Übersicht über die Mobilitätskennzahlen der Lebensstil-Mobilitäts-Gruppen in Österreich (Werktag + Wochenende).....	10
Tabelle 9: Gekürzte Sterbetafel 2009	11
Tabelle 10: Gemessene PM2.5-Konzentration aus verschiedenen Studien ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12
Tabelle 11: Zusammenhang Herzfrequenz und Atmungsumfang	13
Tabelle 12: Zusammenhang Herzfrequenz und Atmungsumfang	13
Tabelle 13: Verunglücktenrate pro 1 Mio. Kilometer Verkehrsleistung nach Verkehrsbeteiligung und Altersklasse, Durchschnitt 2005 – 2009, Quellen:	

Verunglücktenzahlen: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobilitätszahlen: (Herry et al., 2010).....	16
Tabelle 14: Getötetenrate pro 100 Mio. Kilometer Verkehrsleistung nach Verkehrsbeteiligung und Altersklasse, Durchschnitt 2005 – 2009, Quellen: Verunglücktenzahlen: KfV Verkehrsunfallstatistik, Statistik Austria; Mobilitätszahlen: (Herry et al., 2010).....	18
Tabelle 15: Definition der untersuchten Szenarios	25
Tabelle 16: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 1a	27
Tabelle 17: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 1a	28
Tabelle 18: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 1a28	
Tabelle 19: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 1a	29
Tabelle 20: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 1a	29
Tabelle 21: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 1b	33
Tabelle 22: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 1b	34
Tabelle 23: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 1b34	
Tabelle 24: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 1b	35
Tabelle 25: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 1b	35
Tabelle 26: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 1c	39
Tabelle 27: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 1c	40
Tabelle 28: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 1c40	
Tabelle 29: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 1c	41
Tabelle 30: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 1c.....	41
Tabelle 31: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 1d	45
Tabelle 32: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 1d	46
Tabelle 33: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 1d46	
Tabelle 34: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 1d	47

Tabelle 35: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 1d	47
Tabelle 36: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 1e	51
Tabelle 37: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 1e.....	52
Tabelle 38: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 1e52	
Tabelle 39: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 1e.....	53
Tabelle 40: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 1e	53
Tabelle 41: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 2a.....	57
Tabelle 42: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 2a.....	58
Tabelle 43: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 2a58	
Tabelle 44: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 2a.....	59
Tabelle 45: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 2a	59
Tabelle 46: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 2b.....	63
Tabelle 47: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 2b.....	64
Tabelle 48: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 2b64	
Tabelle 49: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 2b.....	65
Tabelle 50: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 2b	65
Tabelle 51: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 2c	69
Tabelle 52: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 2c.....	70
Tabelle 53: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 2c70	
Tabelle 54: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 2c.....	71
Tabelle 55: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 2c	71
Tabelle 56: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 2d.....	75
Tabelle 57: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 2d.....	76

Tabelle 58: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 2d	76
Tabelle 59: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 2d	77
Tabelle 60: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 2d	77
Tabelle 61: Berechnung der Tagesdosis PM2.5 für zwei Pendelszenarien Szenario 2e	81
Tabelle 62: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch PM2.5 Szenario 2e	82
Tabelle 63: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch Verkehrsunfälle Szenario 2e	82
Tabelle 64: Berechnung des relativen Mortalitätsrisikos durch körperliche Fitness Szenario 2e	83
Tabelle 65: Berechnung der gewonnenen Lebenszeit Szenario 2e	83
Tabelle 66: Zusammenfassung der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit nach Szenario	87
Tabelle 67: Vergleich der Berechnungen der gewonnenen und verlorenen Lebenszeit Szenario 1a mit (de Hartog et al., 2010)	91

8 Formelverzeichnis

Formel 1: Verlorene bzw. gewonnene Lebenszeit; nach (Hanika and Trimmel, 2005).....	11
Formel 2: Eingeatmete Tagesdosis; nach (de Hartog et al., 2010).....	12
Formel 3: Durchschnittliche, zeitlich gewichtete Schadstoffkonzentration; nach (de Hartog et al., 2010).....	13
Formel 4: Äquivalente Änderung der Schadstoffkonzentration; nach (de Hartog et al., 2010).....	14
Formel 5: Relatives Mortalitätsrisiko durch Schadstoffbelastung; nach (de Hartog et al., 2010).....	14
Formel 6: Verunglücktenrate; nach (Hildebrandt et al., 2011).....	15
Formel 7: Getötetenrate; nach (Hildebrandt et al., 2011).....	17
Formel 8: Mortalitätsrate Verkehrsunfälle.....	19
Formel 9: Relatives Mortalitätsrisiko Verkehrsunfälle; nach (de Hartog et al., 2010).....	19
Formel 10: „Safety in Numbers“ Getötetenrate Fahrrad.....	22
Formel 11: Berechnung der täglichen MET-Stunden; nach (Oja et al., 2010).....	23
Formel 12: Relatives Mortalitätsrisiko körperliche Fitness.....	24



Versorgungssicherheit
Wettbewerbsfähigkeit
Nachhaltigkeit
Perspektiven

