ALPEN-ADRIA UNIVERSITÄT
KLAGENFURT I WIEN GRAZ
iff social ecology vienna

S O C I A L E C O L O G Y W O R K I N G P A P E R 1 6 5

Philipp Maier

Wachsende Fahrradnutzung in Wien und ihre Relevanz für Klima und Gesundheit

ISSN 1726-3816

Oktober 2015

Philipp, Maier (2015):

Wachsende Fahrradnutzung in Wien und ihre Relevanz für Klima und Gesundheit

Social Ecology Working Paper 165
Vienna, October 2015

ISSN 1726-3816

Institute of Social Ecology
IFF - Faculty for Interdisciplinary Studies (Klagenfurt, Graz, Vienna)
Alpen-Adria-Universitaet
Schottenfeldgasse 29
A-1070 Vienna

www.aau.at/socec
workingpaper@aau.at

© 2015 by IFF – Social Ecology

Wachsende Fahrradnutzung in Wien und ihre Relevanz für Klima und Gesundheit*

von

Philipp Maier

** Masterarbeit verfasst am Institut für Soziale Ökologie (IFF-Wien), Studium der Sozial- und Humanökologie. Diese Arbeit wurde von Univ.-Prof. Dr. Marina Fischer-Kowalski betreut und von Dr. Willi Haas vorbegutachtet.*

Ein großes Dankschön geht an
Mỹ Hạnh Trần,
Willi Haas,
Austrian Climate Research Program (ACRP)[1]
und die Studienbeihilfenbehörde.
Ohne deren Unterstützung wäre die Arbeit in
dieser Form nicht zustande gekommen.

[1] Diese Arbeit ist im Zuge der wissenschaftlichen Mitarbeit im Rahmen des Forschungsprojekts „ClimBhealth“ - Climate and health co-benefits from changes in urban mobility and diet: an integrated assessment for Austria entstanden.

Inhaltsverzeichnis

Glossar und Abkürzungsverzeichnis **5**
Abbildungsverzeichnis **6**
Tabellenverzeichnis **7**
1 Einleitung **8**
1.1 Hintergrund 8
1.2 Forschungsinteresse 10
1.3 Aufbau der Arbeit 11
2 Grundlagen **11**
2.1 Konzepte Sozialer Ökologie 12
2.1.1 Gesellschaftlicher Metabolismus 13
2.1.2 Sozialmetabolische Regimes 13
2.2 Sozialökologische Transition in das Industrieregime 14
2.2.1 Urbane Mobilität im Kontext sozialökologischer Transition 16
3 Health Co-Benefits entlang von Klimaschutzstrategien **20**
3.1 Fallstudien zu Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen und deren Health Co-Benefits 21
3.1.1 Energieverbrauch von Haushalten 21
3.1.2 Nahrung und Landwirtschaft 22
3.2 Urbane Personenmobilität 22
3.2.1 Einflussgrößen des Verkehrssektors auf die Gesundheit 23
3.2.2 Aktive Mobilität statt MIV - ausgewählte Studien zu unmittelbaren Gesundheitsauswirkungen 26
4 Prämissen und Methoden **29**
4.1 Szenario STEP 2025 29
4.2 Methoden und Messgrößen 31
4.2.1 Comparative Risk Assessment (CRA) 31
4.2.2 Disability adjusted life years (DALY) 31
4.2.3 Potential Impact Fraction (PIF) 32
4.2.4 Relatives Risiko (RR) 33
4.2.5 Emissionsfaktoren (g/FzKm) 33
5 Empirische Bearbeitung der Forschungsfrage **34**
5.1 Mobilitätskennzahlen 34
5.2 Abschätzung der Gesundheitsfolgen einer wachsenden Fahrradnutzung 35
5.2.1 Gesundheitsdeterminanten 37
5.2.2 Berechnung der Potential Impact Fraction (PIF) 43
5.2.3 Krankheitslast in DALYs der Alterskohorte 20-69 Jahre 45
5.2.4 Ergebnisse der Abschätzung der Gesundheitsfolgen 46
5.2.5 Diskussion der Auswertung 51
5.3 Abschätzung der Reduktion von CO2-Emissionen 58
5.3.1 Diskussion der Auswertung 60
6 Conclusio **62**
7 Quellenverzeichnis **64**
7.1 Web 64
7.2 Literatur 64
Anhang **72**

Glossar und Abkürzungsverzeichnis

Aktive Personenmobilität = zu Fuß gehen & Radfahren
CO2 = Kohlenstoffdioxide
CRA = Comparative risk assessment
DALY = disability adjusted life years (behindertenbereinigte Lebensjahre)
Epidemiologie = Die Lehre der Verbreitung und den Ursachen von gesundheitsbezogenen Zuständen in einer Gesellschaft bzw. Gruppen
Exposition = der Einfluss äußerer Faktoren, denen ein Organismus ausgesetzt ist und die je nach Qualität, Intensität und Häufigkeit fördernde, beeinträchtigende oder auch krankmachende Wirkungen haben können[2]
GBD = Global burden of disease
Health Co-Benefits = gesundheitliche Co-Benefits
IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change
Modal Split = beschreibt die Verkehrsmittelwahl des Personenverkehr in Bezug auf zurückgelegte Wege
MIV = motorisierter Individualverkehr (im Kontext der Arbeit ohne Elektrofahrzeuge)
Modi = Verkehrsmittel
PIF = Potential impact fraction
Particulate Matter = Feinstaubteilchen
RR = relatives Risiko
THG =Treibhausgasemissionen
Verkehrsmittel des Umweltverbund = CO2-freie oder CO2-arme Fortbewegungsmittel (ÖV, FußgeherInnen, Radfahren)
WHO = Weltgesundheitsorganisation
STEP 2025 = Stadtentwicklungsplan 2025

[2] http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/exposition/23334

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: THG-Emissionen Wiens gesamt, nach Gasen und nach Sektoren, ... 9
Abbildung 2: Sozialökologisches Modell der Gesellschaft-Natur-Interaktion 12
Abbildung 3: Globale Versorgung der Primärenergie (in Exajoule) 14
Abbildung 4: Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes von 1900 – 2000 15
Abbildung 5: Globale anthropogene CO2-Emissionen seit 1850 in Gt CO2 15
Abbildung 6: Urbane Bevölkerungsdichte und verkehrsbezogener 17
Abbildung 7: Prinzip Äquidistanz (Knoflacher 1980: 178) 18
Abbildung 8: Primärenergiebedarf in Megajoule nach Verkehrsmittel und Weg 19
Abbildung 9: Partikelabscheidung in Atemwegen je nach Partikelgröße (ÖVK 2010: 29) 23
Abbildung 10: Modell zur Abschätzung der Gesundheitsfolgen gesteigerter 26
Abbildung 11: Disability Adjusted Life Years je Szenario und 27
Abbildung 12: Prognostizierter Modal Split gemäß STEP 2025 (MA 18 2015: 22) 29
Abbildung 13: Veränderung der Modal Split Anteile der täglichen Wege: 30
Abbildung 14: DALY - Disability adjusted life years (veränderte Darstellung) 32
Abbildung 15: Berechnung der PIF (Barendregt et al 2010: 1) 32
Abbildung 16: Relatives Mortalitätsrisiko durch Luftschadstoffbelastung 40
Abbildung 17: Berechnung der Verunglücktenrate (V_R) in Personen je Million km 41
Abbildung 18: Berechnung der Getötetenrate (GET_R) 42
Abbildung 19: Berechnung des relativen Mortalitätsrisiko durch Verkehrsunfälle, ... 43
Abbildung 20: PIF Gleichung (Barendregt et al. 2010: 1) 43
Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Verunglücktenrate und Radverkehrsanteil 49
Abbildung 22: Radverkehrsanteil in Wien 2009 im Vergleich zu anderen Städten 51
Abbildung 23: Zusammenhang zwischen Bewegungsdosis und Gesamtsterblichkeit 52
Abbildung 24: PM 2,5-Emissionen Wien, nach Sektoren (vgl. UBA 2012a: 152) 54
Abbildung 25: Reduktion der CO2-Emissionen entlang der vier Varianten 60
Abbildung 26: Reichweite mit dem Rad bei 14 km/h im Raum Wien 78

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hypothetisches Beispiel zu Korrelation von Raucher und Lungenkrebs 33
Tabelle 2: Wege/Verkehrsmittel/Tag (in 1.000) je Verkehrsmittelwahl für das Basisjahr 2010 und Szenario STEP 2025 34
Tabelle 3: mittlere Geschwindigkeit und mittlere Weglänge der Verkehrsmittel Rad und Pkw ... 34
Tabelle 4: Modal Split Anteile Rad für die Alterskohorte 20-69 35
Tabelle 5: Radwege/Tag der Alterskohorte 20-69: Basisjahr 2010 vs. Szenario STEP 2025 36
Tabelle 6: Tägliche RadfahrerInnen absolut und als prozentueller Anteil 36
Tabelle 7: Angaben zu körperlicher Aktivität. Wien 2010 vs. Szenario STEP 2025 38
Tabelle 8: Relatives Risiko assoziierter Erkrankungen bei Veränderung der Exposition gegenüber körperlicher Aktivität 38
Tabelle 9: Eingeatmete Tagesdosis PM 2,5 je Verkehrsmittel 39
Tabelle 10: Durchschnittliche, zeitlich gewichtete Schadstoffkonzentration 39
Tabelle 11: Relatives Risiko je Erkrankung durch Feinstaub (PM 2,5) bei einem Umstieg von Pkw auf das Rad 40
Tabelle 12: Verunglücktenrate (V_R) Basisjahr 2010 in Personen je Million km 41
Tabelle 13: Berechnung des RR Szenario STEP 2025, Rad vs. MIV 42
Tabelle 14: Getötetenrate (GET_R) Basisjahr 2010 in Personen je Million km 42
Tabelle 15: Verteilung körperlicher Aktivität Basisjahr 2010 vs. Szenario STEP 2025 43
Tabelle 16: Prozentueller Anteil täglicher RadfahrerInnen in der Alterskohorte 20-69 Jahre, Basisjahr 2010 vs. Szenario STEP 2025 44
Tabelle 17: Angaben des relativen Risiko der assoziierten Erkrankungen/Auswirkungen 44
Tabelle 18: Krankheitslast Österreich 2010 und modifizierte Krankheitslast der Studiengruppe .. 45
Tabelle 19: Ergebnistabelle gesundheitliche Effekte in DALY 47
Tabelle 20: Veränderung der Krankheitslast im Szenario STEP 2025 49
Tabelle 21: Netto-Veränderung der gesamten Krankheitslast in DALYs 50
Tabelle 22: Fallbeispiele der Netto-Reduktion DALY bestehender Studien 50
Tabelle 23: Besetzungsgrad, mittlere Weglänge MIV und Emissionsfaktor Pkw 58
Tabelle 24: Berechnung der Reduktion von CO2-Emissionen im Szenario STEP 2025 anhand der vier Varianten 59
Tabelle 25: CO2-Emissionen Wien 2010 61
Tabelle 26: Deutsche Übersetzungen der Erkrankungsbilder 72
Tabelle 27: Berechnung der Verteilung MIV FahrerInnen und MIV MitfahrerInnen anhand des Besetzungsgrades für das Basisjahr 2010 und das Szenario STEP 2025 72
Tabelle 28: Fahrradnutzung in Wien 2011 von Personen über 15 Jahren 72
Tabelle 29: Berechnung des mittleren Modal Split Anteils Rad für die Alterskohorte 20-69 73
Tabelle 30: Veränderung der Personenanzahl die laut Fachkonzept Mobilität im Jahr 2025 täglich 30 Minuten aktiv Bewegung in der Alltagsmobilität machen 73
Tabelle 31: Berechnung der eingeatmeten Tagesdosis je Verkehrsmittel 73
Tabelle 32: Berechnung der durchschnittlichen, zeitlich gewichteten Schadstoffkonzentration und der äquivalenten Änderung bei einem Umstieg vom PKW auf das Rad 74
Tabelle 33: Verkehrsunfallstatistik Wien 74
Tabelle 34: Verkehrsunfallstatistik Österreich 74
Tabelle 35: Berechnung des Wiener Anteils der Folgen von Radverkehrsunfällen in Österreich ... 75
Tabelle 36: Verteilung der Diabetes Erkrankungen in Österreich je Krankheitstyp 75
Tabelle 37: Verteilung der Krebserkrankungen des Dickdarms und des Rektums 75
Tabelle 38: Demographische Angaben zu Wien und Österreich 76
Tabelle 39: Gestorbene Wien 2010 77
Tabelle 40: Mortalitätsrate 20-69 Jahre Wien 2010 78
Tabelle 41: Getötetenrate (GET) im Szenario STEP 2025 78
Tabelle 42: Emissionsfaktoren CO2 g/FzKm für das Jahr 2010 und 2025 78
Tabelle 43: Kontaktierte Personen 79

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Am 25. Juni 2014 wurde vom Wiener Gemeinderat der Stadtentwicklungsplan 2025 (STEP 2025) beschlossen. Er ist eine Fortführung des STEP 05 und beinhaltet Strategien und Vorhaben hinsichtlich zukünftiger Stadtplanung und Stadtentwicklung bis zum Jahr 2025. Schwerpunktthemen des STEP 2025 sind Mobilität, grüne Infrastruktur, Wohnbau, Arbeit und Erholung in der Stadt.
Aufbauend auf den Zielsetzungen des STEP 2025 werden vertiefende Fachkonzepte als Teilstrategien erarbeitet. In diesem Sinne wurde im Bereich Mobilität das Fachkonzept Mobilität erstellt. Dieses ist das Ergebnis eines trans- sowie interdisziplinären Arbeitsprozesses und dient als Grundlage zur Entwicklung urbaner Mobilitätstrategien für Wien bis zum Jahr 2025 und darüber hinaus. Die Fahrtrichtung des Fachkonzeptes Mobilität ist eindeutig formuliert: „Stärkung der CO2-freien Modi (Fuß- und Radverkehr) und Halten des hohen Anteils des öffentlichen Verkehrs sowie prozentuelle Senkung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) im Binnenverkehr auf 20% bis 2025, 15% bis 2030 und auf deutlich unter 15 % bis 2050“ (MA 18 2015: 15). Bis 2025 sollen die CO2-Emissionen des Straßenverkehrs um 20% gegenüber 2010 reduziert werden (vgl. MA 18 2015: 23). Diese Zielformulierungen sind ein Bekenntnis zur Förderung aktiver Personenmobilität (Fuß- und Radverkehr), der breiten Nutzung des öffentlichen Verkehrs, einer Reduktion des erdölbasierten Autoverkehrs in der Stadt und insgesamt ein Schritt in Richtung CO2-armes Verkehrssystem. Mobilität ohne Autobesitz zu ermöglichen, ist ein zentrales verkehrspolitisches Anliegen des STEP 2025 (vgl. MA 18 2015: 17).

Der STEP 2025 und somit auch das Fachkonzept Mobilität verstehen sich im Sinne einer nachhaltigen Stadtentwicklung und richten sich nach übergeordneten Rahmenstrategien, wie die des Klimaschutzprogrammes Wien (KLiP II) und der Smart City Wien Initiative, aus.
Mit der Fortschreibung des Klimaschutzprogrammes 2010 – 2020 (KLiP II) bekennt sich die Wiener Stadtregierung zu dem Energie- und Klimapakt der EU12, welche Mitgliedstaaten unter anderem zu einer Reduktion der CO2-Emissionen bis 2020 um 20% gegenüber 1990 verpflichtet. Zudem soll sich der Anteil an erneuerbaren Energiequellen auf 20% erhöhen und die Energieeffizienz um 20% gesteigert werden**.** „Konkret bedeutet dies, dass die Pro-Kopf-Emissionen der WienerInnen von 3,73 Tonnen (Basiswert 1990) auf 2,94 Tonnen (Zielwert 2020) gesenkt werden sollen“ (AEA 2012: 9).
Die Smart City Wien Initiative trägt eine ähnliche Handschrift, einzig der Zeithorizont wird bis 2050 erweitert. Das übergeordnete Ziel einer Smart City ist definiert als eine zukunftsfähige, städtische, postfossile Gesellschaft (URL1).
Die Smart City Rahmenstrategien beinhalten die Absicht größtmöglicher Ressourcenschonung. In Hinblick auf Treibhausgasemissionen soll in Wien im Vergleich zu 1990 der pro Kopf Verbrauch um 35% bis 2030 und 80% bis 2050 reduziert werden (vgl. MA 18 2014: 33). Diese Zielwerte orientieren sich an den vereinbarten EU 2030 bzw. 2050 Zielen im Rahmen der europäischen Energie- und Klimaziele.
Um die globale Erwärmung unter dem politisch akzeptierten 2 °C Ziel zu halten, hat der Europäische Rat im Februar 2011 für die EU das Ziel bestätigt, Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 % bis 95 % gegenüber 1990 zu verringern. Diese Vereinbarungen enthalten die Verpflichtungen, langfristige Strategien für eine CO2-arme Entwicklung in den Bereichen Stromerzeugung, Industrie, Verkehr, Wohnen, Dienstleistung und Landwirtschaft durchzuführen

(vgl. Europäische Kommission 2011: 3f). Zur Realisierung dieser Vorhaben nimmt die zukünftige Entwicklung urbaner Räume und deren Verkehrssysteme eine wichtige Position ein (vgl. EEA 2013a: 42).

Zurück zu Wien. In der Bundeshauptstadt hatte der Straßenverkehr 2011 einen Anteil von etwa 22% an den gesamten Treibhausgasemissionen[3] (vgl. UBA 2013: 31 & 196). Legt man die nur für Österreich verfügbare Verteilung der THG-Emissionen unterschiedlicher Verkehrsmittel auf Wien um, dann ist der Pkw-Verkehr für etwas mehr als die Hälfte der Treibhausgasemissionen in Wien verantwortlich (vgl. UBA 2012b: 117). Aus Abb. 1 lässt sich entnehmen, dass CO2-Emissionen mit Abstand den größten Anteil der Treibhausgasemissionen ausmachen. Der Verkehrssektor hat in Wien mit einem Anstieg von 56% der THG-Emissionen im Vergleich zu den anderen Sektoren den größten Zuwachs seit 1990 zu verzeichnen[4].

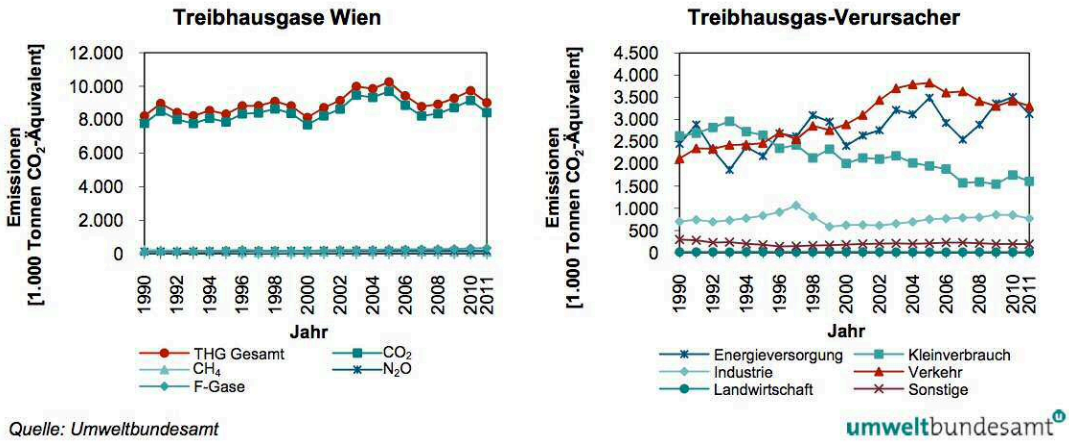


Abbildung 1: THG-Emissionen Wiens gesamt, nach Gasen und nach Sektoren, 1990–2011 (UBA 2013: 142)

Wenn die gesetzten Ziele zur Reduktion der gesamten Treibhausgasemissionen der Stadt Wien erreicht werden sollen, sind erhebliche Anstrengungen im Verkehrssektor zur Senkung der Treibhausgasemissionen erforderlich (vgl. MA 2015: 23).
Das prognostizierte Bevölkerungswachstum für Wien stellt notwendige Reduktionen der Straßenverkehrsemissionen vor eine zusätzliche Herausforderung. Bliebe der jetzige Anteil des MIV am Modal Split gleich, würde die Zahl der mit dem Auto zurückgelegten Wege bis zum Jahr 2025 um 12% steigen (vgl. MA 18 2015: 17).
Neben der Emittierung von THG ist der motorisierte Individualverkehr für gesundheitsschädliche Emissionen (Luftschadstoffe & Lärm) und deren Folgen mitverantwortlich. „Pro Jahr sterben in Österreich rund 3.000 Menschen durch den Straßenverkehr. Unfälle verursachen rund ein Sechstel dieser Todesfälle. Für rund 180 vorzeitige Todesfälle ist dauerhafter Verkehrslärm verantwortlich. Den Großteil machen laut Weltgesundheitsorganisation WHO vorzeitige Todesfälle infolge der von den Verkehrsabgasen verursachten Luftverschmutzung aus“ (VCÖ 2012: 2). Dementsprechend ist bei einer Reduktion des motorisierten Individualverkehrs auch mit positiven Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung zu rechnen. Im Falle solcher

[3] exkl. Emissionen aus Kraftstoffexport (vgl. UBA 2013: 31)
[4] Eine Berechnung der THG-Emissionen die tatsächlich im Stadtgebiet emittiert wurden, geht von einem Zuwachs von rund 23% gegenüber 1990 aus (vgl. UBA 2013: 142f).

synergetische Effekte spricht man von Health Co-Benefits, da die Implementierung verkehrspolitischer Maßnahmen sowohl Treibhausgasemissionen senkt, als auch positive Gesundheitseffekte mit sich bringen kann (vgl. IPCC 2014: 91, Smith et al. 2012: 309). Auf jene Health Co-Benefits fokussiert sich das Forschungsinteresse der Masterarbeit, welches im folgenden Kapitel vorgestellt wird.

1.2 Forschungsinteresse

Die Relevanz für Klima und Gesundheit einer wachsenden Fahrradnutzung in Wien steht im Zentrum des Forschungsinteresses der Arbeit. Ausgangspunkt sind die verkehrspolitischen Ziele des Fachkonzepts Mobilität, das die Stärkung CO2-freier Modi (Fuß- und Radverkehr) bei gleichzeitiger Abnahme des MIVs und die Senkung von CO2-Emissionen des Verkehrs im Wiener Straßennetz vorsieht (vgl. MA 18 2015: 15 & 23).
Derartige Synergieeffekte urbanen Verkehrs für Klima und Gesundheit werden in letzter Zeit zunehmend analysiert. Gemäß bestehendem Forschungsstand ergeben sich positive gesundheitliche Auswirkungen aufgrund geringerer Immissionen von Luftschadstoffen (z.B.: Feinstaub) und insbesondere durch gesteigerte körperliche Bewegung, wenn entfallene MIV-Wege durch Verkehrsmodi CO2-freier aktiver Mobilität zurückgelegt werden (vgl. Haines et al. 2009: 2104).
Ein Vergleich der konkreten Ergebnisse dieser Studien ist aufgrund von Abweichungen in der methodischen Vorgehensweisen, der verwendeten Daten sowie aufgrund lokaler Merkmalen begrenzt aussagekräftig. Darunter leidet die Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf andere Städte.
Entsprechend dem Interesse der Masterarbeit an der Querschnittsthematik Klima, Gesundheit und urbaner Verkehr entstand die Idee, die gesundheitlichen Folgen der Mobilitätsvisionen des STEP 2025 zu ermitteln. Um sicher zu gehen, dass etwaige Forschungen für Wien noch nicht bestehen, wurden unterschiedliche Ansprechpersonen[5] aus den Bereichen Verkehr, Stadtplanung, Umwelt und Gesundheit kontaktiert. Die Rückmeldungen und deren Reaktionen waren durchgängig positiv weil es A: noch keine bestehende Studien zu der konkreten Fragestellung gab und B: ein Teil der Ansprechpersonen darum gebeten hat, sie über die Forschung auf dem Laufenden zu halten und ihnen die fertige Masterarbeit zukommen zu lassen.
Zur Beantwortung des Forschungsinteresses der Masterarbeit:

„Wachsende Fahrradnutzung in Wien und
ihre Relevanz für Klima und Gesundheit“

wird ein Szenario auf Basis der Mobilitätsziele des Wiener Stadtentwicklungsplans (STEP 2025) modelliert, um gesundheitliche Auswirkungen quantitativ zu erfassen. Komplementär dazu wird die Einsparung an CO2-Emissionen infolge verringertem motorisierten Individualverkehr der WienerInnen abgeschätzt.

[5] vgl. Tab. 43 im Anhang

1.3 Aufbau der Arbeit

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen dieser Masterarbeit vorgestellt. Vor dem Hintergrund der globalen Erwärmung beschäftigt sich das Kapitel mit sozialökologischen Sichtweisen der Wechselwirkungen zwischen Mensch und Natur. Im Zuge dessen werden sozialökologische Konzepte erläutert und in diesem Kontext der Ressourcenverbrauch fossiler Brennstoffe thematisiert. Abschließend beschäftigt sich das Kapitel mit den CO2-Emissionen und dem Energieverbrauch des Verkehrssektors mit Fokus auf urbaner Personenmobilität. In diesem Zusammenhang werden relevante Potentiale und Stellgrößen zur Einsparung von Energie und CO2-Emissionen im Personenverkehrssektor besprochen.
Das dritte Kapitel: „Health Co-Benefits von Klimaschutzstrategien“, führt in den Kernbereich der Masterarbeit ein. Um einen Einblick in das breite Spektrum des Themenfeldes zu geben, werden wichtige Arbeiten aus dem Bereich „Strategien zur Reduktion von Treibhausgasen und Health Co-Benefits“ vorgestellt.
Gemäß der Forschungsfrage werden in diesem Zusammenhang die Health Co-Benefits anhand von Verkehrsstrategien zur Verringerung von Treibhausgasen und zur Stärkung aktiver Mobilität ausführlich besprochen. Anschließend werden ausgewählte Studien zu unmittelbaren Gesundheitsauswirkungen durch eine Verringerung des motorisierten Individualverkehrs zugunsten aktiver Mobilität besprochen.
Im Anschluss werden im vierten Kapitel grundsätzliche Prämissen, methodische Grundlagen und relevante Messgrößen, die zur Auswertung der Forschungsfrage der Masterarbeit wesentlich sind, vorgestellt.
Das fünfte Kapitel beschäftigt sich eingehend mit der Abschätzung der Gesundheitsfolgen einer gesteigerten Fahrradnutzung gemäß den Mobilitätszielen des Wiener Stadtentwicklungsplans 2025. Im Zuge dessen wird die genaue methodische Vorgehensweise der wichtigen Stellgrößen aufbereitet, um so die Endresultate nachvollziehbar zu machen. Den Rechenschritten zur Abschätzung der gesundheitlichen Auswirkungen wird besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die Ergebnisse werden in der Folge im Vergleich zu anderen Studien diskutiert und auf ihre Unsicherheiten und Potentiale hin untersucht. Daran anschließend werden die Abschätzungen der Reduktion an CO2-Emissionen ausgeführt.

2 Grundlagen

Die Veränderung des globalen Klimas sowie dessen Ursachen sind weitgehend begründet. Durch anthropogene Emissionen, vorwiegend aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern, steigt die Konzentration an Treibhausgasen in der Atmosphäre und fördert somit die globale Erwärmung des Klimas. Dadurch werden physikalische sowie biologische Prozesse beeinflusst, welche unter anderem zu erhöhten Temperaturen, wechselndem Niederschlagsverhalten und extremeren Hitzewellen führen können. Daraus ergeben sich Effekte auf Ökosysteme und somit auf Wasserversorgung, Nahrungsmittelproduktion, Gesundheit und ökonomische Entwicklung. Zum einen geht es in Zukunft darum, Adaptionsmaßnahmen zu etablieren um klimawandelbedingte Risiken zu minimieren, andererseits spielt die Implementierung von Maßnahmen eine Rolle, welche eine Reduktion von Treibhausgasemissionen zur Folge haben (vgl. Köppl, et al. 2011: 6f).
Aus Sicht der Sozialen Ökologie stehen Klimawandel, Degradierung von Ökosystemen und Biodiversitätsverlust im kausalen Zusammenhang mit dem enormen Verbrauch an natürlichen Ressourcen und der Ausscheidung von Abfällen bzw. Emissionen durch die Gesellschaft (vgl. Haberl et al. 2010: 7). Der jährliche globale Energiedurchsatz von Primärenergie hat sich im Laufe des 20. Jahrhunderts fast verzehnfacht und die weltweiten Materialentnahmen aus der

Umwelt sind auf das Siebenfache angestiegen. Diese Entwicklung hält bisher an und fordert das ökologische Gleichgewicht des Planeten heraus. Um zukünftige globale Umweltkrisen zu verhindern, ist eine substanzielle Reduktion des Ressourcenverbrauchs von Nöten (vgl. Fischer-Kowalski et al. 2011: 114).

2.1 Konzepte Sozialer Ökologie

„Die sozial-ökologische Grundthese lautet: Ökologische Probleme müssen aus der Interaktion zwischen Gesellschaften und ihrer natürlichen Umwelt heraus verstanden werden“ (Weisz 2001: 13). Daher interessiert sich Soziale Ökologie für die materiellen und energetischen Austauschprozesse zwischen natürlichen Systemen (Umwelt) und sozialen Systemen (Gesellschaft).
Zur genaueren Analyse der Interaktionen zwischen Gesellschaft und Natur kommen die Konzepte „Kolonisierung der Natur“[6] sowie „gesellschaftlicher Metabolismus“ zur Anwendung.
Diese sind in das Modell der Gesellschaft-Natur-Interaktion eingebettet (Abb. 2). Aus sozialökologischer Perspektive betrachtet ist Gesellschaft ein System, das sich einerseits immateriell über Kommunikation reproduziert, sowie materiell Austauschbeziehungen mit der Umwelt unterhält, um den physischen Weiterbestand menschlicher Populationen, deren Artefakte und biophysischen Bestände zu sichern. Somit bildet Gesellschaft in sozialökologischer Leseart eine Schnittstelle von Kultur und Natur. Kulturales und naturales System sind in ihrer Entwicklung co-evolutionär aufeinander bezogen. Gesellschaftliche Praxis modifiziert Umwelt, wohingegen Umwelt gesellschaftliche Praxis modifiziert. Folgende Grafik zeigt die systemischen Verbindungen von sozialen und naturalen Systemen und deren Wechselwirkungen bzw. Interaktionsprozesse (vgl. Fischer-Kowalski et al. 2011: 99f)

Abbildung 2: Sozialökologisches Modell der Gesellschaft-Natur-Interaktion (Fischer-Kowalski et al. 2011: 100)

Vor diesem Hintergrund wird das Konzept des gesellschaftlichen Metabolismus, welches für das weitere Verständnis von sozialmetabolischen Regime sowie sozialökologischer Transitionen grundlegend ist, in den nächsten Absätzen ausgeführt.

[6] „Um den notwendigen materiellen und energetischen Stoffwechsel zwischen Natur und Gesellschaft aufrecht zu erhalten, greifen Gesellschaften gezielt in Natursysteme ein, um sie so zu verändern, dass sie für sie nützlicher sind als in ihrem ursprünglichen Zustand. Beispiele dafür wären Ackerbau, Viehzucht oder die Gentechnik. Wir haben für diese Art Naturbeziehung den Begriff Kolonisierung von Natur geprägt“ (Fischer-Kowalski et al. 2011: 98f). Dieser Ansatz wird in der Arbeit nicht weiter behandelt und ist hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

2.1.1 Gesellschaftlicher Metabolismus

Der Ansatz des gesellschaftlichen Metabolismus (analog zum biologischen Metabolismus) wurde am Institut für Soziale Ökologie in Wien entwickelt und interessiert sich für die materiellen und energetischen Austauschprozesse zwischen Gesellschaft und Umwelt auf lokaler, regionaler oder globaler Ebene (vgl. Fischer-Kowalski et al. 1997: 3).
Eine offenkundige Verbindungen zwischen Gesellschaft und Natur ist die Entnahme von Ressourcen aus der Umwelt (z.B.: für Nahrung, Behausung, Bekleidung) zur Sicherung der Gesellschaft sowie deren Bestände. Durch Arbeit werden entnommene Ressourcen transformiert. Dabei entstehende Abfälle oder Emissionen werden wieder an die Umwelt abgegeben (vgl. Fischer-Kowalski & Weisz 1998: 155, Fischer-Kowalski et al. 1997). Die Art und Weise, wie Gesellschaft mit ihrer Umwelt Austauschbeziehungen unterhält, hängt im höchsten Maße davon ab, wie diese Gesellschaft und ihr „Bedarf" oder besser ihr Appetit nach Material und Energie, sowie ihre Mittel zur Förderung bzw. Aneignung (Technologie und Arbeit) konstituiert sind (vgl. Fischer-Kowalski et al. 2011: 102)

Grundsätzlich lassen sich zwei Formen des Metabolismus unterscheiden: Der basale Metabolismus und der erweiterte Metabolismus von Gesellschaften.
Jäger- und Sammlergesellschaften sowie Agrargesellschaften unterhalten einen basalen Metabolismus, deren Primärenergielieferant solare Energie (Sonne) darstellt. Aus der Umwelt werden vor allem erneuerbare Ressourcen entnommen (Biomasse, Wasser, Sauerstoff) und im geringen Maße Metalle. Die größte Herausforderung für einen andauernden Bestand bzw. Reproduktion von Gesellschaften mit basalem Metabolismus besteht in der Regel darin, die lokal bzw. regional begrenzten Ressourcen nicht übermäßig auszubeuten. Ausscheidungsprodukte des basalen Stoffwechsels fügen sich in bestehende Naturprozesse ein, da die entnommen Inputs aus der Umwelt in biosphärische Kreisläufe eingebettet sind (vgl. Fischer-Kowalski et al. 1997: 5f).
Was Agrargesellschaften gegenüber Jäger- und Sammlergesellschaften unterscheidet, ist die Kultivierung der Landwirtschaft und damit die aktive Nutzung von solarer Energie durch wissentliche Bestellung eines Feldes. Dieser Wandel der Subsistenzweise wird auch gemeinhin als „neolithische Revolution" verstanden. Sozialökologisch betrachtet ist vor allem die Steigerung des Energiedurchsatzes pro Person, aufgrund der gewandelten Subsistenzweise, von Interesse. Agrargesellschaften haben gegenüber Jäger- und Sammlergesellschaften infolge des Erhalts ihrer Bestände (Nutztiere, Artefakte) zusätzlichen Energiebedarf (vgl. Fischer-Kowalski et al. 2012: 25).

2.1.2 Sozialmetabolische Regimes

Der Schweizer Umwelthistoriker Rolf Peter Sieferle unterteilt gesellschaftliche Subsistenzweisen auf Basis ihres Energiesystems und den unterschiedlichen Stoffwechselprofilen in sozialmetabolische Regime. „Unter einem sozial-metabolischem Regime wird eine stabile Organisationsform des stofflichen und energetischen Austauschs von Gesellschaften mit ihrer natürlichen Umwelt verstanden, wobei der Stoffwechsel (und nicht so sehr die soziale Organisationsform) im Vordergrund steht" (Sieferle 2003: 42). Aus Sicht sozialmetabolischer Regime unterscheidet man demzufolge Subsistenzweisen gemäß der Menge des Energie- und Materialverbrauchs sowie der verwendeten Technologien, die letztendlich mittels Arbeit für den Energiedurchsatz des jeweiligen Regimes verantwortlich sind. Universalhistorisch differenziert Sieferle drei sozialmetabolische Regimes: Jäger- und Sammlerregime, Agrarregime und Industrieregime (vgl. Sieferle 2003: 43).

Regimeübergänge bedeuten neben einer Änderung der sozialmetabolischen Rate stets auch tiefgreifende gesellschaftliche Transformationen bzw. Umbrüche in der gesellschaftlichen Praxis, wie etwa die Entstehung von Landwirtschaft in der Agrargesellschaft oder die Nutzbarmachung von fossilen Energieträgern in der Industriegesellschaft. Aus historischer Perspektive wird dahingehend von Revolutionen gesprochen (Neolithische Revolution, industrielle Revolution). In der Sozialen Ökologie spricht man in diesem Fall auch von sozialökologischen Transitionen (vgl. Fischer-Kowalski & Haberl 2007: 14).

2.2 Sozialökologische Transition in das Industrieregime

Im Zuge der industriellen Revolution vollzog sich eine sozialökologische Transition von Agrar- zu Industriegesellschaft und damit ein Wandel des Energiesystems von solarer Energie zu fossilen Energieträgern. Im Vergleich zu Agrargesellschaften verbrauchen Industriegesellschaften das 3-5fache mehr an Energie pro Kopf und Jahr (vgl. Fischer-Kowalski 2007: 231).
Diese Steigerung ergibt sich dadurch, dass Gesellschaften erstmals auf akkumulierte Bestände sogenannter „nicht erneuerbarer" Ressourcen zurückgreifen (Kohle, Gas, Erdöl). Man spricht in diesem Fall von erweitertem Metabolismus, wie er für Industriegesellschaften charakteristisch ist. Im Zuge des 20. Jahrhunderts kam es so zu einem immensen Zuwachs der Nutzung fossiler Brennstoffe (Abb. 3).

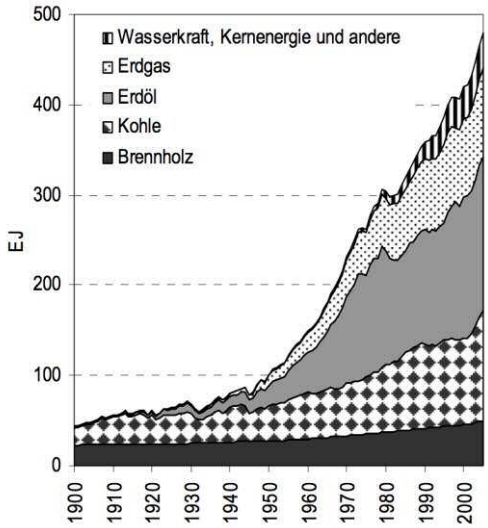


Abbildung 3: Globale Versorgung der Primärenergie (in Exajoule) nach Energieträgern von 1900 - 2000 (Krausmann 2010: 19)

Anfangs nährte sich das Industrieregime durch den fossilen Kohlebestand, wodurch sich der Betrag an zur Verfügung stehender Menge an Energie im beträchtlichen Maße steigerte. Die zusätzliche Energie wird vorwiegend in urbanen Haushalten, der Industrie (Dampfmaschine, Stahlproduktion) und Transportwesen (Eisenbahn) verwendet, was dazu führt, dass der Produktions- und Transportsektor einen enormen Anstieg an Energie- und Materialverbrauch mit sich bringt (vgl. Fischer- Kowalski et al. 2012: 25). Auf Basis der zusätzlichen Verwendung des fossilen Energieträgers Erdöl wird das Industrieregime nochmals ausgeweitet. Durch das Erdöl erleben unter anderem der Transportsektor als auch der Landwirtschaftssektor einen enormen Aufschwung. Der Individualverkehr rund um das Auto erfährt eine aufstrebende Entwicklung, ebenso die Produktionsausmaß der Automobilindustrie und der damit einhergehende Material- und Energieverbrauch. Durch die stetig wachsende Nutzung des Automobils (Abb. 4) und des damit verbundenen Kraftstoffverbrauchs der Kfz-Flotte, rangiert der Energiebedarf

des Verkehrssektors, neben dem für Raumwärme, zum größten Einzelfaktor im gesellschaftlichen Energieverbrauch von Industrieländern im 20. Jahrhundert (vgl. Krausmann et al. 2010: 13f).

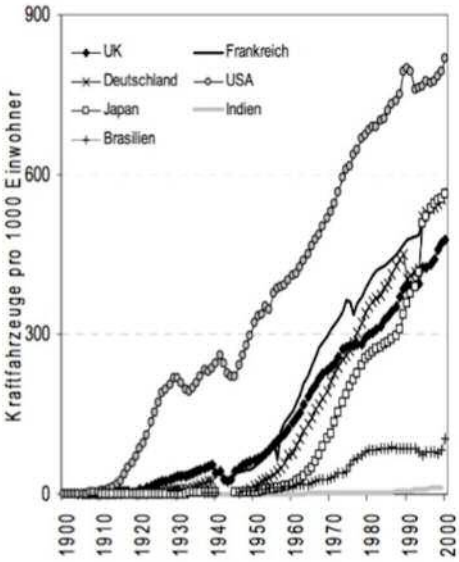


Abbildung 4: Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes von 1900 – 2000 (Krausmann 2010: 14)

Durch die Mechanisierung der Landwirtschaft mit Landwirtschaftsmaschinen sowie den Einsatz von Düngemittel und Pestiziden, kommt es zu einer noch nie dagewesenen Arbeitskraft- und Landnutzungseffektivität. Beides auf Kosten des Einsatzes von Erdöl, welches den zuvor körperlich getätigten Arbeitsaufwand substituiert (vgl. Fischer- Kowalski et al. 2012: 25f).

Fossile Energieträger sind in Industrieregimen der Primärenergieträger und stellen Mengen an Energie bereit, die vor der industriellen Revolution undenkbar gewesen wären. Auf lange Sicht gesehen besteht jedoch auf der Inputseite die Begrenztheit dieser Ressourcen (Peak Oil). Die aktuell vordringliche Kehrseite durch den Verbrauch dieser Energiereserven ist der Anstieg (Abbildung 5) der globalen anthropogenen CO2-Emissionen seit 1850 bzw. seit Anbeginn des industriellen Zeitalters. Die stärksten Zuwächse stammen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, der Zementproduktion, sowie durch Abfackelungen von Erdölbegleitgasen.

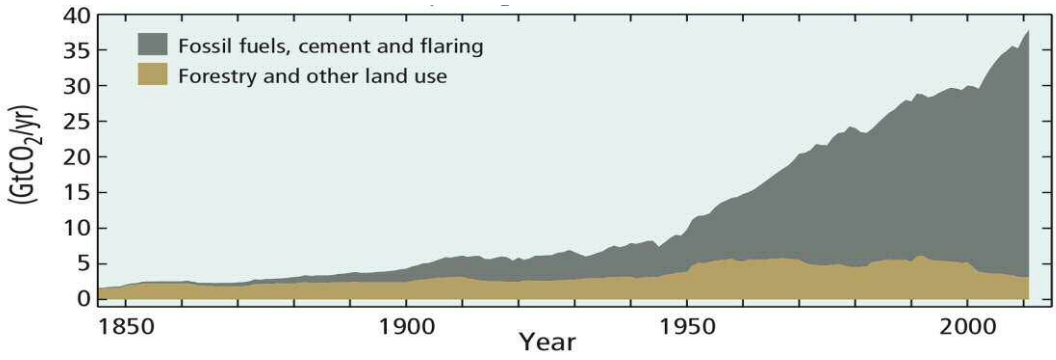


Abbildung 5: Globale anthropogene CO2-Emissionen seit 1850 in Gt CO2 (IPCC 2014: 3)

Im Zuge des letzten Jahrhunderts wurden CO2-Emissionen in einem viel größeren Ausmaß an die Biosphäre emittiert, als sie dort vorhanden wären. Dieser Umstand überfordert die Senkenkapazität natürlicher Systeme und führt zu Umweltproblematiken globalen Ausmaßes. Anschaulichstes Beispiel hierfür ist die zu Beginn des Kapitels erwähnte globale Erwärmung durch den Ausstoß von Kohlenstoffdioxid, welches als Treibhausgas Hauptverursacher des anthropogenen Klimawandels ist (vgl. Fischer-Kowalski et al. 1997: 8f).
Vor diesem Hintergrund verdeutlicht sich die Notwendigkeit von Dekarbonisierungsstrategien in den hauptverantwortlichen Sektoren, um eine Trendwende der CO2-Emissionen durch einen Umstieg auf kohlenstoffarme erneuerbare Energieträger zu erzielen.

Städte stehen in diesem Zusammenhang vor einer besonderen Herausforderung. Der Großteil der Weltbevölkerung lebt in Städten oder deren Umland. Dabei bedecken Städte weltweit nur 2% der Landoberfläche, verbrauchen aber ¾ aller natürlichen Ressourcen. 2006 waren Städte global für 71% der weltweiten energiebezogenen CO2-Emissionen verantwortlich. Die Hauptverursacher sind die Sektoren Industrie, Baugewerbe und der Verkehrsbereich. Vorrausichtlich wird sich diese Entwicklung mit zunehmender Urbanisierung fortführen und 2030 einen Anteil an 76% erreichen (vgl. UNEP 2011: 42). Daher sind insbesondere in Städten zukünftige Dekarbonisierungsmaßnahmen in den Sektoren der Hauptverursacher von CO2-Emissionen eine essentielle Determinante im Kontext einer sozialökologischen Transition in eine CO2-arme Gesellschaft. In diesem Zusammenhang werden im folgenden Punkt Reduktionspotentiale im urbanen Verkehrsbereich besprochen.

2.2.1 Urbane Mobilität im Kontext sozialökologischer Transition

Die nächste sozialökologische Transition ist gekennzeichnet durch wesentliche Umstellungen in den Mustern sozialer Organisation, Kultur, Produktion und Konsum welche es der Gesellschaft ermöglichen, eine nachhaltigere Zukunft zu realisieren[7]. Eine Reduktion der Abhängigkeit vom Auto in Bezug auf urbane Mobilität nimmt eine wichtige Position ein, um das Ausmaß des Energiekonsums in Städten zu verringern (vgl. Heyndrickx et al. 2013: 1, nach Weisz & Steinberger 2010).
Der Verkehrssektor hat einen Anteil von 26% am weltweiten Energieverbrauch. Davon ist etwa die Hälfte leichten Kraftfahrzeugen zuzurechnen. Die Energie wird fast zur Gänze durch den Einsatz von Erdöl bereitgestellt. 2004 hat der Verkehrssektor zu 23% an den globalen Treibhausgasemissionen beigetragen. Der Straßenverkehr ist für ¾ dieser Emissionen verantwortlich. Innerhalb der letzten 10 Jahre sind die Treibhausgasemissionen, im Vergleich zu den anderen Sektoren, im Transportsektor am stärksten angestiegen. Aufgrund eines wachsenden Verkehrsaufkommens in der Zukunft, ist es wahrscheinlich, dass sich dieser Trend fortsetzt (vgl. Kahn Ribeiro et al. 2007: 328). Die tägliche Nutzung motorisierter Verkehrsmittel ist ein wesentlicher Bestandteil in urbanen Verkehrssystemen (vgl. Kenworthy 2003: 25). Es ist davon auszugehen, dass mit dem prognostizierten Bevölkerungszuwachs in Städten auch das Verkehrsaufkommen steigen wird. Um Straßenverkehrsemissionen zukünftig im hohen Maße zu reduzieren, ist die Realisierung eines CO2-armen Verkehrssystems ein essentieller Teil zukünftiger Stadtplanung. Dementsprechend sind zukünftig Veränderungen in der Organisation urbaner Personenmobilität bzw. des urbanen Verkehrs um zu setzten.

[7] vgl.http://www.neujobs.eu/publications/working-papers/sustainable-urban-transport-strategies-and-job-creation (Zugriff 23.10.2015)

Kernelemente des Energieverbrauchs und der Emissionen von Verkehrssystemen in Städten sind die Organisation der bebauten Umwelt bzw. die Art der Flächennutzung, sowie das Angebot öffentlicher Verkehrsmittel in einer Stadt. So weisen Städte mit größerer Bevölkerungsdichte und gemischter Flächennutzung einen geringeren Energieverbrauch und damit einen geringeren Ausstoß an Treibhausgasen und Luftschadstoffen aus (vgl. Dodman 2009: 193). Eine hohe Dichte der Flächennutzung bedeutet kürzere Wege für die EinwohnerInnen, welche eher zu Fuß, mit dem Rad oder den öffentlichen Verkehrsmitteln als mit dem Auto zurückgelegt werden können. Untersuchungen von Kenwothy zeigen eine Korrelation von Autonutzung, der Höhe des Energieverbrauchs und der Bevölkerungsdichte. „The data show how higher car and energy use cities, and the highest greenhouse gas producers, are low in population density, while the higher density cities have reduced car and energy use per person and lower transport greenhouse gases“ (Kenworthy 2003: 24). Folgende Abbildung eines internationalen Städtevergleichs verdeutlicht diese Beobachtung.

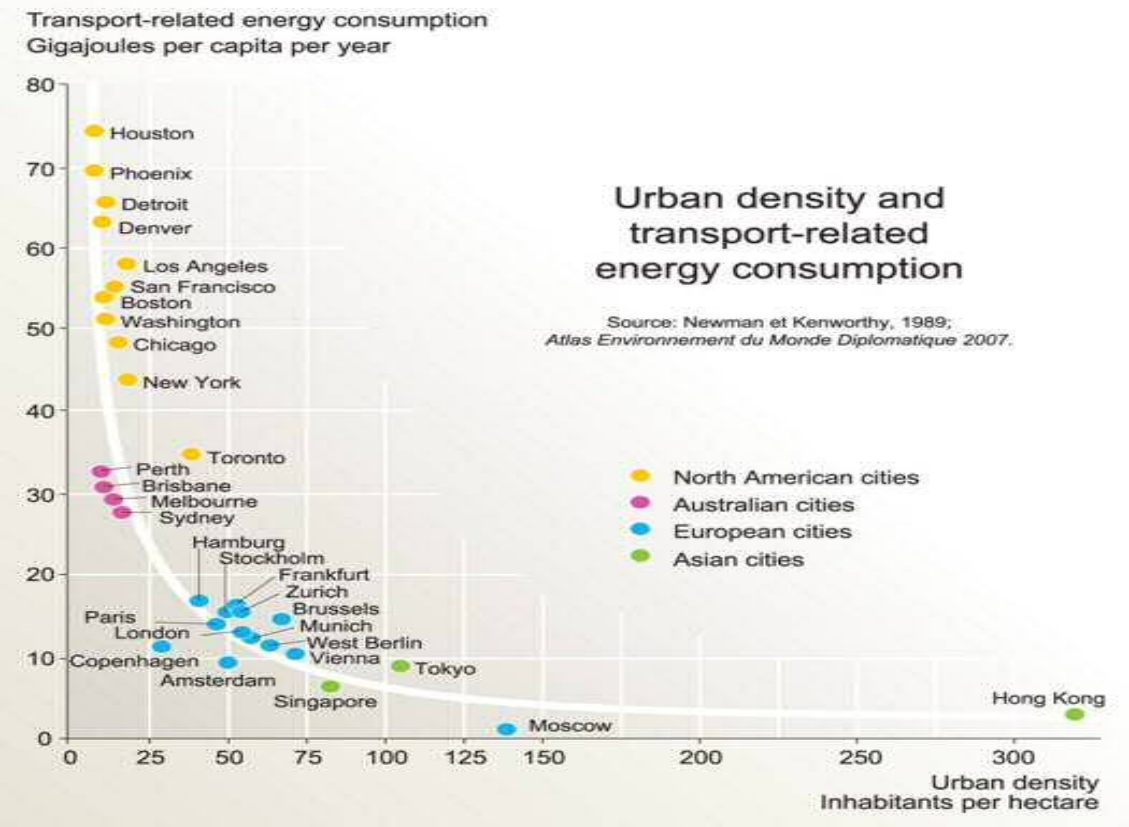


Abbildung 6: Urbane Bevölkerungsdichte und verkehrsbezogener Energieverbrauch (Newman & Kenworthy, 2006[8])

[8] https://sapiens.revues.org/914 (Zugriff 30.9.2015)

Eine kompakte, gemischte Flächennutzung in Städten kombiniert mit einem extensiven Angebot öffentlicher Verkehrsmittel mit überregionalen Zugverbindungen und der Schaffung von attraktiven öffentlichen Räumen, die zu Fuß gehen und radfahren fördern, verringern die Abhängigkeit zum Pkw und damit dessen tägliche Nutzung (vgl. Kenworthy 2009: 26).
Überdies betonten Knoflacher et al. (2004), dass auf die Chancengleichheit beim Zugangsweg (Entfernung zum Verkehrsmittel) zwischen Pkw und öffentlichen Verkehrsmittel zu achten ist. Das sogenannte Prinzip der Äquidistanz (Abb. 7) ist ein wichtiger Faktor um die Konkurrenzfähigkeit des ÖVs gegenüber dem Pkw zu stärken, und durch die Unterbringung der Pkws in Sammelgaragen, Straßenräume zu entlasten und für die breite Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Laut Knoflacher et al. (2004) kommt es dadurch zu einer Reduktion der täglichen Nutzung MIVs zugunsten der Verkehrsmittel des Umweltverbundes (vgl. Knoflacher et al. 2004: 48).

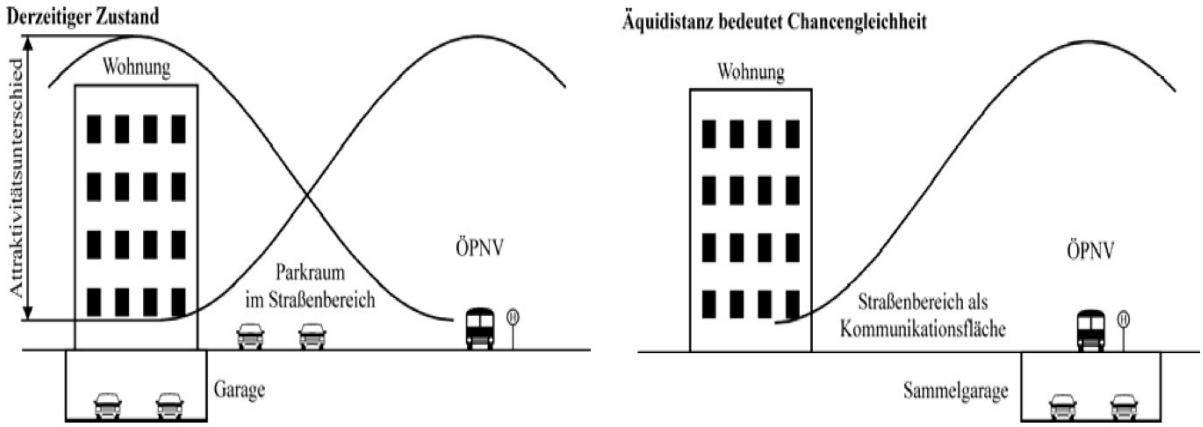


Abbildung 7: Prinzip Äquidistanz (Knoflacher 1980: 178)

Durch eine Verringerung der regelmäßigen Nutzung des Pkws und dem Umstieg auf Verkehrsmittel des Umweltverbundes (ÖV, Rad, Fuß), wird bei gleichzeitiger Reduktion von Emissionen (CO2, Luftschadstoffe, Lärm) weit weniger externe Energie verbraucht (vgl. Kahn Ribeiro et al. 2007: 348). Die nachstehende Abbildung 8 verdeutlicht die Unterschiede des Primärenergiebedarfs (Produktion und Betrieb) einzelner Verkehrsmittel pro Weg.

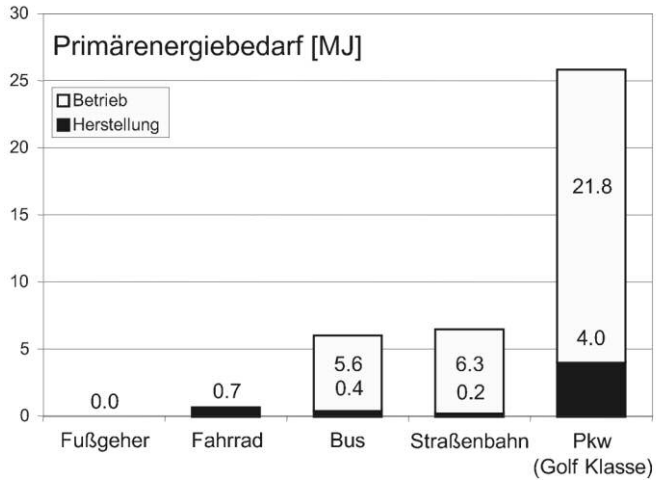


Abbildung 8: Primärenergiebedarf in Megajoule nach Verkehrsmittel und Weg[9] (Pfaffenbichler 2001: 38)

Neben den Einsparungspotentialen durch Nutzung des öffentlichen Verkehrs bestehen enorme Differenzen im Energieverbrauch/Weg zwischen Pkw und aktiven Fortbewegungsmitteln (zu Fuß gehen, radfahren). Da es sich bei den angegebenen Werten in Abb. 8 um den externen Energieverbrauch handelt, ist die zu erbringende Körperenergie/Weg für FußgeherInnen und RadfahrerInnen in dieser Abbildung nicht enthalten.
Im Gegensatz zu mit fremder Energie bewerkstelligten Ortsveränderungen (Xenomobilität), wird im Zuge aktiver Mobilität der zurückgelegte Weg durch den Einsatz eigener Körperkraft erbracht. In Anbetracht dessen, dass in Europa mehr als 30% der MIV-Wege weniger als 3 Kilometer lang und 50% weniger als 5 Kilometer lang sind, stellen emissionsfreie aktive Fortbewegungsmittel (insbesondere das Fahrrad[10]) eine geeignete Alternative dar (vgl. Kahn Ribeiro et al. 2007: 350). Bewegungsaktiv mobil zu sein gilt daher als postfossile Mobilität der Zukunft. Aktive Mobilitätsformen sind aber nicht nur aus verkehrlicher Sicht besonders wichtig (minimaler Energieverbrauch und Schadstoffausstoß, Platzbedarf im urbanen Raum, etc.), sondern haben auch positive Co-Benefits auf andere gesellschaftliche Bereiche (z.B. Gesundheit & Lebensqualität) (vgl. BMVIT 2014: 14). Diesen Synergieeffekten widmet sich das folgende Kapitel.

Zu Beginn des Kapitels wurde das Modell der Gesellschaft-Natur-Interaktion, sowie gesellschaftlicher Stoffwechsel als eine Betrachtungsweise der Austauschprozesse von sozialen Systemen mit ihrer Umwelt vorgestellt. Die Einteilung in sozialmetabolische Regime beruht auf den jeweiligen Stoffwechselraten, welche sich aus der Kopplung von Gesellschaft, deren Lebens- bzw. Arbeitsweise und der zur Verfügung stehenden Technologien, um Ressourcen aus der Umwelt zu fördern, ergeben. Im Zuge des Industrieregimes kommt es aufgrund der Nutzung von fossilen, nicht erneuerbaren Energieträgern zu einer außerordentlichen Steigerung des Energie- sowie Materialverbrauchs und damit zu einer drastischen Erhöhung der Stoffwechselrate in Industriegesellschaften. Die Emissionen der intensiven Nutzung fossiler Rohstoffe tragen maßgeblich zur Klimaerwärmung bei, und reichern die Atmosphäre mit

[9] Besetzungsgrad 1,4 Personen/ Pkw; Auslastungsgrad öffentliche Verkehrsmittel etwa 20%
[10] Bei einer mittleren Geschwindigkeit von 14 km/h benötigt man dem Rad für eine Strecke von 3 Kilometern etwa 13 Minuten

Schadstoffen an. Aufgrund dieser Umstände ist ein Wandel hin zu einer energieärmeren postfossilen Gesellschaft essentiell. Urbane Ballungsräume sind weltweit für den Großteil der globalen CO2-Emissionen verantwortlich. Zu einem der Hauptemittenten zählt der auf fossile Energieträger beruhende Verkehrssektor. Die Bandbreite der Emissionen reicht von lokaler Luftverschmutzung mit unmittelbaren negativen gesundheitlichen Folgen bis hin zum Beitrag der globalen Erwärmung und in der Folge zur Schädigung von Ökosystemen. Städtebauliche Maßnahmen und rechtliche Instrumente, die zu einer Stärkung des Umweltverbundes und verringerten Nutzung des Pkw führen, reduzieren Emissionen und Energieverbrauch im Straßenverkehrssektor. Dieser Umstand verdeutlicht den potentiellen Beitrag CO2-armer und energiearmer Personenmobilität in Bezug auf Klimaschutzmaßnahmen und auf eine Entwicklung in Richtung postfossile- und energiearme Gesellschaft. Welche potentiellen Health Co-Benefits sich dadurch ergeben, damit beschäftigt sich der folgenden Teil der Arbeit.
Das nächste Kapitel führt anfangs allgemein in die Querschnittsthematik Klimaschutz und Gesundheit ein. Um einen Einblick in das breite Spektrum des Themenfeldes zu bekommen, werden wichtige Arbeiten aus dem Bereich Reduktion von Treibhausgasen und Health Co-Benefits vorgestellt. Daran anschließend setzt sich Kapitel 3 näher mit Health Co-Benefits im Bereich von Maßnahmen zur Stärkung aktiver Mobilität auseinander und gibt einen Einblick in den aktuellen Stand der Forschung.

3 Health Co-Benefits entlang von Klimaschutzstrategien

2009 postuliert das „UCL[11] Institut für globale Gesundheit“ in dem Artikel „Managing the health effects of climate change“, dass der Klimawandel eine der größten globalen Bedrohungen für die Gesundheit der Gesellschaft darstellt. Studien gehen davon aus, dass im Zuge des Klimawandels, die Intensität und Häufigkeit von Hitzewellen, Kälteperioden, Unwetter, Hochwasser und Dürreperioden sowie die Verteilung von übertragbaren Krankheiten zunehmen wird und somit negative Auswirkungen auf die Gesundheit aufgrund dieser Faktoren ansteigen (vgl. Costello et al. 2009: 1693). Der Folgebericht aus dem Jahre 2015 bestätigt diese Prognosen, betont jedoch auch die positiven Synergieeffekte bei der Realisierung von Klimaschutzstrategien auf die Gesundheit. „Given the potential of climate change to reverse the health gains from economic development, and the health co-benefits that accrue from actions for a sustainable economy, tackling climate change could be the greatest global health opportunity of this century“ (Watts et al. 2015: 1).
Frumkin und McMichael betonen, dass bei Maßnahmen, die gegen Klimawandel gerichtet sind, mögliche Auswirkungen auf Gesundheit, Umwelt, Wirtschaft und Soziales ebenfalls zu bedenken sind. Für die Autoren steht bei dieser Querschnittsthematik die Frage der größten Effektivität der Maßnahmen im Vordergrund. Dabei verweisen sie auf die Notwendigkeit längerfristigen sowie systematischen Denkens aufgrund der komplexen Zusammenhänge der übergreifenden Bereiche (vgl. Frumkin & McMichael 2008: 403). Der aktuelle IPCC-Bericht enthält Ausführungen zu Wechselwirkungen von Klimaschutzstrategien und den oben genannten Bereichen, wodurch sich die Aktualität dieser Betrachtungsweise verdeutlicht (vgl. IPCC 2014: 103f).

Durch das wachsende Bewusstsein der Zusammenhänge bzw. Synergien zwischen Maßnahmen zur Dekarbonisierung einzelner Sektoren und den direkten lokalen Auswirkungen auf die Gesundheit, werden seit geraumer Zeit Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen und

[11] University College London

damit zum Schutz des Klimas in Verbindung mit deren potentiellen Auswirkungen auf die Gesundheit intensiver erforscht. Diese zusätzlichen Folgen auf die Gesundheit sind in der Literatur als Health Co-Benefits bekannt. Studien, die sich mit dieser Thematik beschäftigen, stammen vor allem aus den letzten zehn Jahren und verbreiten sich zunehmend (vgl. Milner et al. 2012: 398).
Jenen Health Co-Benefits wurde bisher von der Politik ungenügend Aufmerksamkeit geschenkt. Sie stellen jedoch ein zusätzliches Argument für Einsparungen an Treibhausgasen dar und haben das Potential, die Verwirklichung von Klima- sowie Gesundheitszielen zu beschleunigen. Potentielle positive Gesundheitsauswirkungen sind für die breite Bevölkerung greifbarer als die notwendige Reduktion der CO2-Konzentration in der Atmosphäre (vgl. Haines et al. 2012: 2).

3.1 Fallstudien zu Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen und deren Health Co-Benefits

Eine internationale Arbeitsgruppe zu „Climate Change Mitigation and Public Health" hat Auswirkungen auf Strategien zur Reduktion von Treibhausgasen und deren potentiellen Health Co-Benefits in den Sektoren Stromerzeugung, Nahrung und Landwirtschaft, Energieverbrauch in Haushalten sowie Verkehrssystemen modelliert.
Jene Bereiche zählen zu den Hauptemittenten globaler Treibhausgase. Einsparungen an Emissionen in diesen Sektoren sind somit essentiell zum Erreichen von Klimaschutzzielen (vgl. IPCC 2014: 88). Haines et al. bieten eine ausführliche Zusammenfassung der Studienergebnisse (vgl. Haines et al. 2009: 2105). Folgende ausgewählte Fallbeispiele dienen zur Veranschaulichung des breiten Spektrums im Bereich Health Co-Benefits von Klimaschutzmaßnahmen.

3.1.1 Energieverbrauch von Haushalten

Eine der bekanntesten Forschungen in diesem Bereich ist die Studie von Wilkinson et al. zu Haushaltsenergie, Treibhausgasen und Gesundheit. Die ForscherInnen modellierten dazu Effizienzsteigerungen im Energieverbrauch der Haushalte in Großbritannien und Indien.
In Großbritannien zeigte sich, dass durch Interventionen in den Bereichen Isolation, Belüftung, Energiequelle und Temperaturniveau zugunsten Faktoren gesundheitlicher Belastung, positive Gesundheitseffekte erzielt werden können. Die Modellergebnisse zeigten, dass durch Maßnahmen zur Verminderung des Energieverbrauchs in Haushalten pro Jahr 850 DALYs[12] und zusätzliche 0,6 Megatonnen CO2 pro einer Million EinwohnerInnen eingespart werden könnten (vgl. Wilkinson et al. 2009: 1917).
In Asien ist die Verwendung von ineffizienten, mit Biomasse befeuerten Kochstellen stark verbreitet. Damit verbunden sind Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen (Ruß und CO2). Vor allem Frauen und Kinder leiden dadurch unter häuslicher Luftverschmutzung. Eine Effizienzsteigerung der Kochöfen oder die Nutzung von Biogas führt zu einer Verringerung der Innenraumluftverschmutzung und zu Einsparungen an Treibhausgasen. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass durch den Einsatz von 150 Millionen effizienteren Kochöfen in Indien etwa 12.500 weniger DALYS und eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 0,1-0,2 Megatonnen pro einer Million EinwohnerInnen erzielt werden könnten (vgl. ebd. 2009: 1917f).

[12] DALY = disability-adjusted life years (behindertenbereinigtes Lebensjahr). DALY ist eine WHO-Kennzahl. Ein DALY wird als ein **verlorenes** Lebensjahr in voller Gesundheit gedacht. In Kapitel 4 befinden sich dazu nähere Ausführungen.

3.1.2 Nahrung und Landwirtschaft

Der Landwirtschaftssektor ist für 10-12% der globalen Treibhausgase verantwortlich. Entwaldungen und andere Landnutzungsänderungen zum Zweck der Landwirtschaft sind weitere 6-17% der globalen Emissionen zu zuschreiben. Ein großer Anteil der Emissionen ist der Tieraufzucht und Tierhaltung anzulasten, vor allem aufgrund der Methanemissionen durch Wiederkäuer (vgl. Friel et al. 2009: 2016).
Viehwirtschaft ist sehr ressourcenintensiv – 26% der Erdoberfläche sind Weideflächen und 33% des gesamten fruchtbaren Landes wird für den Anbau von Futtermittel verwendet. Der Anbau von Gemüse und Früchten ist bei weitem CO2-ärmer als die Viehwirtschaft. Daher tragen Ernährungsweisen mit geringerem Fleischkonsum und einem höheren Anteil vegetarischer Ernährung zu einer Reduktion an Treibhausgasen bei (vgl. Frumkin & McMichael 2008: 406).
Hinzu kommt, dass übermäßiger Konsum gesättigter Fettsäuren, welche in Fleisch- und Milchprodukten enthalten sind, die Wahrscheinlichkeit ischämischer Herzerkrankungen sowie Schlaganfälle erhöht. Überdies wird gesteigerter Verzehr von verarbeiteten Fleischwaren (z.B. Wurstwaren) mit Darmkrebserkrankungen in Verbindung gebracht (vgl. Haines et al. 2012: 2). Die Forschungsergebnisse von Friel et al. hinsichtlich einer Reduktion des Verzehrs von gesättigten Fettsäuren und einer 30%igen Abnahme der Produktion von tierischen Produkten, würde die Krankheitslast, die in Großbritannien mit ischämischen Herzerkrankungen in Verbindung steht, zu 15% senken (vgl. 2009: 2016).

Untersuchungen zu Health Co-Benefits von Klimaschutzstrategien zeigen jedoch nicht immer automatisch positive Auswirkungen auf die Gesundheit. Als Beispiel führen Frumkin und McMichael eine europäische Studie an, die eine stärkere Verwendung von Diesel in Kraftfahrzeugen modellierte. Die dadurch verringerten CO2-Emissionen stehen den Lasten höherer Feinstaubimmissionen und somit der negativen Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung gegenüber (vgl. Frumkin & McMichael 2008: 407).

Im Kontext der Fragestellung der Masterarbeit werden die Health Co-Benefits auf Basis von Verkehrsmaßnahmen zur Verringerung von Treibhausgasen und zur Stärkung aktiver Mobilität im nächsten Punkt ausführlicher besprochen.

3.2 Urbane Personenmobilität

Entlang der drei Kategorien des IPCC[13] verkehrspolitischer Interventionen zur Einsparung von Treibhausgasen weisen Maßnahmen zur Verbesserung der Raumplanung, Stärkung des öffentlichen Verkehrs und aktiver Mobilität zugunsten einer Verringerung des motorisierten Individualverkehrs, das größte Potential an Health Co-Benefits auf (vgl. WHO 2011: 67). Wenn Wege häufiger zu Fuß oder mit dem Rad anstelle des Autos zurückgelegt werden, verringern sich Emissionen von Treibhausgasen, Luftschadstoffen sowie Lärm und gleichzeitig wird körperliche Bewegung gefördert. Bei größeren Verschiebungen in der Verkehrsmittelwahl zugunsten ÖV und aktiver Mobilität, kann das Ausmaß verringerter Emissionen (Luftschadstoffe, Lärm) positive gesundheitliche Effekte auf die gesamte Bevölkerung haben. Die gesteigerte körperliche Bewegung aufgrund aktiver Mobilität wirkt direkt auf den Gesundheitszustand der sich bewegenden Menschen (vgl. IPH 2011: 6).

[13] 1. Modifizierte Fahrzeuge und Kraftstoffe 2. Besteuerung von Fahrzeugen und Kraftstoffen 3. Flächennutzung und Alternativen zu MIV

Folgende Absätze vermitteln einen Überblick der Einflussgrößen des Verkehrssektors auf die Gesundheit der Bevölkerung. Zudem werden die unterschiedlichen Expositionen einzelner Fortbewegungsmittel gegenüber den Gesundheitsrisiken, die mit dem Verkehrssektor assoziiert werden, dargestellt.
Im Anschluss daran werden Studien vorgestellt, die eine Änderung in der Wahl täglicher Verkehrsmittel zugunsten aktiver Mobilität bzw. öffentlichen Verkehr modelliert haben, und damit deren Veränderung auf assoziierte Gesundheitsauswirkungen abschätzen.

3.2.1 Einflussgrößen des Verkehrssektors auf die Gesundheit

3.2.1.1 Luftschadstoffe

Die WHO schätzt, dass urbane Luftverschmutzung weltweit für etwa 1,3 Millionen Tote pro Jahr verantwortlich ist. Der Verkehrssektor ist einer der Hauptemittenten urbaner Luftschadstoffemissionen und somit für die damit assoziierten Gesundheitsauswirkungen mitverantwortlich. Unter den verschiedenen emittierten Luftschadstoffen zählt Feinstaub (PM 2,5 und PM 10) zu den gesundheitsschädlichsten Schadstoffen (vgl. WHO 2011: 21).

Unter der Abkürzung PM (Particulate Matter) werden alle flüssigen und festen Bestandteile von Abgasen verstanden. Die Partikelgröße wird in Mikrometern (µm) angegeben. Je kleiner die Partikel, desto tiefer können sie in die Atemwege eindringen (Abb. 9) und damit natürliche Schutzmechanismen zur Abwehr von Staub umgehen. Feinstaubpartikel enthalten für den Organismus schädliche Substanzen wie etwa krebserregende Stoffe (vgl. WHO 2011: 22). Mittlerweile existiert eine breite wissenschaftliche Evidenz zur Langzeitbelastung durch Feinstaub PM 2,5 und der Quantifizierung gesundheitlicher Auswirkungen.

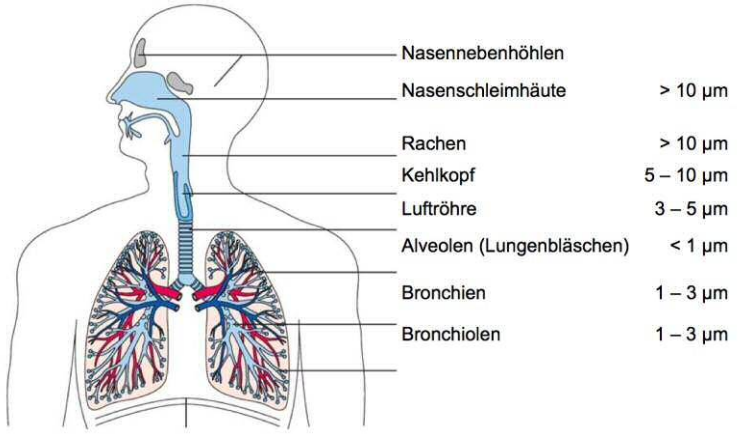


Abbildung 9: Partikelabscheidung in Atemwegen je nach Partikelgröße (ÖVK 2010: 29)

Zahlreiche Studien kommen zu dem Ergebnis, dass mit permanenter Belastung durch Feinstaubpartikel (PM 2,5) eine Zunahme vorzeitiger Sterblichkeit und eine größere Erkrankungswahrscheinlichkeit von Lungenkrebs und Herz- Lungenerkrankungen[14] zu assoziieren ist (vgl. Pascal et al. 2013: 391).

[14] z.B.: Herzinfarkt, chronisch obstruktiver Lungenkrankheit (COPD) oder Asthma

Andere gesundheitsschädliche Luftschadstoffe aus dem Verkehr sind Kohlenmonoxid, Benzol, Schwefeldioxid sowie Stickstoffdioxid. Zudem tragen Verkehrsemissionen zur Entstehung von bodennahem Ozon[15] bei. Insgesamt steigern höhere Konzentrationen von urbaner Luftverschmutzung das Risiko von Herz-Kreislauf-, Atemwegs- sowie Krebserkrankungen (vgl. WHO 2011: 21).
Untersuchungen zeigen, dass RadfahrerInnen im Vergleich zu AutofahrerInnen unterschiedliche Aufnahmemengen an Luftschadstoffen im Straßenverkehr haben. Dieser Umstand ergibt sich aus der Kombination der erhöhten Atemfrequenz aufgrund körperlicher Bewegung, der Dauer der Luftschadstoffexposition und vor allem aus der Umgebungsbelastung (vgl. WHO 2011: 29f). Auf Routen mit hoher Verkehrsbelastung nehmen RadfahrerInnen durch das größere Atemvolumen und der längeren Wegedauer höhere Mengen an Schadstoffen auf, als Personen die denselben Weg mit dem Auto oder den öffentlichen Verkehrsmitteln zurücklegen (vgl. Zuurbier et al. 2010: 787)

3.2.1.2 Unfälle

Verkehrsunfälle verursachten 2004 weltweit 1,3 Millionen Tote und etwa 50 Millionen Verletzte. 90% der Verkehrsunfälle ereignen sich in Ländern mit niedrigem bzw. mittlerem Einkommen. Untersuchungen zeigen, dass in Städten mit gut ausgebautem öffentlichen Verkehrsnetz die Straßenverkehrsunfallrate niedriger ist. Generell ist das Verletzungsrisiko im Straßenverkehr für NutzerInnen des öffentlichen Verkehrs in Städten niedriger. Bei Eintreten eines Verkehrsunfalles haben FußgängerInnen sowie RadfahrerInnen aufgrund ihrer Vulnerabilität gegenüber motorisierten Verkehrsteilnehmern ein höheres Verletzungsrisiko (vgl. WHO 2011: 25ff).
Studien zeigen jedoch eine Korrelation zwischen höheren Anteilen aktiver Mobilität bei gleichzeitiger Senkung der Kollisionshäufigkeit mit motorisierten Verkehrsmitteln. Dieser Effekt ist als „Safety in Numbers“ bekannt. (vgl. Jacobsen 2003: 208).

3.2.1.3 Lärm

Straßenverkehr zählt zu den Hauptverursachern der Lärmemission in Städten. Studien zeigen Zusammenhänge von Lärmbelastung mit erhöhten Stresslevels, Bluthochdruck, Tinnitus, Lernschwierigkeiten und Schlafstörungen. Ein zunehmendes Maß an Beweisen assoziiert chronischen lärminduzierten Stress mit einem erhöhten Risiko an Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie negativen Auswirkungen auf die psychische Gesundheit. Die Lärmbelastung steigt mit höherer Verkehrsbelastung sowie dem Geschwindigkeitsniveau. Maßnahmen zur Reduktion der Lärmbelastung (Geschwindigkeitsbegrenzungen, verkehrsberuhigte Zonen) unterstützen auch Formen aktiver Mobilität, indem verkehrsberuhigte Zonen als ansprechende öffentliche Räume wahrgenommen werden (vgl. WHO 2011: 30f).

3.2.1.4 Physische Bewegung bzw. Bewegungsmangel

Bewegungsmangel ist weltweit für 3 Millionen Tote pro Jahr verantwortlich und eine der führenden Risikofaktoren für mangelhaften Gesundheitszustand innerhalb der Gesellschaft. Wesentliche Gesundheitsauswirkungen aufgrund unzureichender körperlicher Aktivität sind Herz-Kreislauferkrankungen, Diabetes, unterschiedliche Krebserkrankungen, Bluthochdruck,

[15] „Im Gegensatz zu anderen Luftverunreinigungen gibt es keine direkten künstlichen Emissionen von Ozon. In der bodennahen Atmosphäre ist Ozon eine sekundäre Luftverunreinigung, die im Sommer aus den Vorläuferstoffen – das sind Stickstoffoxide (NO_x) und flüchtige organische Verbindungen (VOC, Volatile Organic Compounds) – gebildet wird“ (http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/18805/ Zugriff 19..092015).

erhöhter Blutzucker und Übergewicht. Laut WHO sind für die Altersgruppe 18-64 Jahre mindestens 150 Minuten moderate körperliche Aktivität in der Woche erforderlich, um das Erkrankungsrisiko hinsichtlich Erkrankungen die mit Bewegungsmangel in Verbindung stehen zu reduzieren (vgl. WHO 2010: 8f). Aktive Fortbewegungsmittel bieten im Gegensatz zur Nutzung des Pkw die Möglichkeit, regelmäßige Bewegung in den Alltag zu integrieren um das tägliche Pensum an Bewegung zu erfüllen. Damit beugt man chronischen Erkrankungen vor und begünstigt psychisches und körperliches Wohlbefinden.
In diesem Kontext untersuchten Andersen et al. (2000) die Effekte auf die Gesamtmortalität von Personen die regelmäßig mit dem Rad zur Arbeit fahren und dadurch durchschnittlich drei Stunden pro Woche Bewegung machten. Den Ergebnissen zur Folge reduzierte sich das relative Risiko der Gesamtsterblichkeit um 28% gegenüber Personen, die im Zuge ihrer Alltagsmobilität nicht auf dieses Bewegungsniveau kamen (vgl. Andersen et al. 2000: 1626).

3.2.1.5 Stadtentwicklung und Umgebung

Der Charakter urbaner Siedlungsstruktur ist eine Schlüsseldeterminante für die Praxis urbaner Mobilität. In stark ausgebauten autofreundlichen Siedlungsstrukturen wirken assoziierte Gesundheitsauswirkungen des Straßenverkehrs stärker (höhere Luftverschmutzung, mehr Unfälle und Lärm). Der Flächenverbrauch motorisierter Verkehrsmittel ist im Gegensatz zu Verkehrsmitteln des Umweltverbundes um ein Vielfaches größer. Dadurch reduzieren sich mögliche andere Raumnutzungen, wie zum Beispiel die Schaffung von Grünräumen (vgl. WHO 2011: 31). Grünräume sind jedoch ein wichtiger Bestandteil gesundheitsfördernder Umgebung in Städten und stets Kernelemente nachhaltiger Stadtplanung. Sie fördern das Bewegungsverhalten der Bevölkerung und haben positive Auswirkungen auf das psychische Befinden und soziale Interaktionen. Zudem fungieren sie als natürliche Kühlung. Grünflächen in Städten können bis zu 5 Grad kühler als ihre bebaute Umgebung seien (vgl. Frumkin & McMichael 2008: 406).
Darüber hinaus korreliert eine gemischte Raumnutzung mit positiven Auswirkungen auf die Gesundheit. Studien zeigen, dass Personen die in zersiedelten Gegenden mit monotoner Raumnutzung leben, eher an Übergewicht, Bluthochdruck und anderen chronischen Erkrankungen leiden. Im Gegensatz dazu wirken sich Gegenden, die durch eine höhere Bevölkerungsdichte, Nahversorgungsmöglichkeiten, Grünflächen, sowie einer Infrastruktur für FußgeherInnen und RadfahrerInnen gekennzeichnet sind, positiv auf die physische und psychische Gesundheit der EinwohnerInnen aus. Vor allem deswegen, weil in ansprechenderen öffentlichen Räumen eine größere Bereitschaft zu körperlicher Aktivität gegeben ist (vgl. de Nazelle et al. 2011: 769). Je abwechslungsreicher, angenehmer und sicherer das Umfeld wahrgenommen wird, umso mehr steigt die Bereitschaft aktive Fortbewegungsmittel zu nutzen.
In der folgenden Auswahl bestehender Studien zu assoziierten Gesundheitsauswirkungen aufgrund aktiver Mobilität und zugunsten einer Verringerung des MIV wurden gesundheitliche Auswirkungen anhand der Gesundheitsdeterminanten Unfälle, Luftschadstoffe (Feinstaubpartikel PM 2,5) und körperliche Aktivität modelliert. Für diese Parameter besteht gemäß aktuellem Forschungsstand die stärkste Beweislage um Ergebnisse in quantitativer Form abzuschätzen.

3.2.2 Aktive Mobilität statt MIV - ausgewählte Studien zu unmittelbaren Gesundheitsauswirkungen

In jüngerer Zeit steigt die Zahl an unterschiedlichen Studien, die die Auswirkungen verkehrspolitischer Ziele zur Stärkung aktiver Mobilität bei gleichzeitiger Einschränkung des motorisierten Individualverkehrs modellieren. Die Forschungen erstellen die Szenarien entweder auf Basis verkehrspolitischer Ziele bzw. Umsetzungen oder hypothetischer Annahmen. Ausgangspunkt ist immer, dass Wege, die zuvor mit dem Auto gefahren wurden, in Zukunft zu Fuß oder per Rad zurückgelegt werden. Aufgrund der hohen Wettbewerbsfähigkeit des Fahrrads gegenüber dem Auto wird der täglichen Nutzung des Fahrrads in den Studien vorrangig Beachtung geschenkt.
Durch eine Änderung in der Wahl des Verkehrsmittels, verändert sich das Verhältnis gegenüber assoziierten Gesundheitsdeterminanten. Mittels epidemiologischer Belege zwischen Gesundheitsdeterminanten und den damit assoziierten Erkrankungen werden die gesundheitlichen Veränderungen auf die Gesamtmortalität oder aber auch auf die Veränderung der Erkrankungshäufigkeit abgeschätzt.
Die Ergebnisse werden in Form von vorzeitigen Todesfällen oder in DALYs (disability-adjusted life years) wiedergegeben. Genaue Berechnungen zur Reduktion von Treibhausgasen sind nur fallweise in den Forschungen enthalten (siehe: Woodcock et al. 2009, 2013, Lindsay et al. 2010, Maizlish et al. 2013, Rojas-Rueda et al. 2013).
Folgende Abbildung visualisiert in reduzierter Form ein Modell zur Abschätzung von Health Co-Benefits entlang der Stärkung aktiver Mobilität und zugunsten der Verringerung des motorisierten Individualverkehrs.

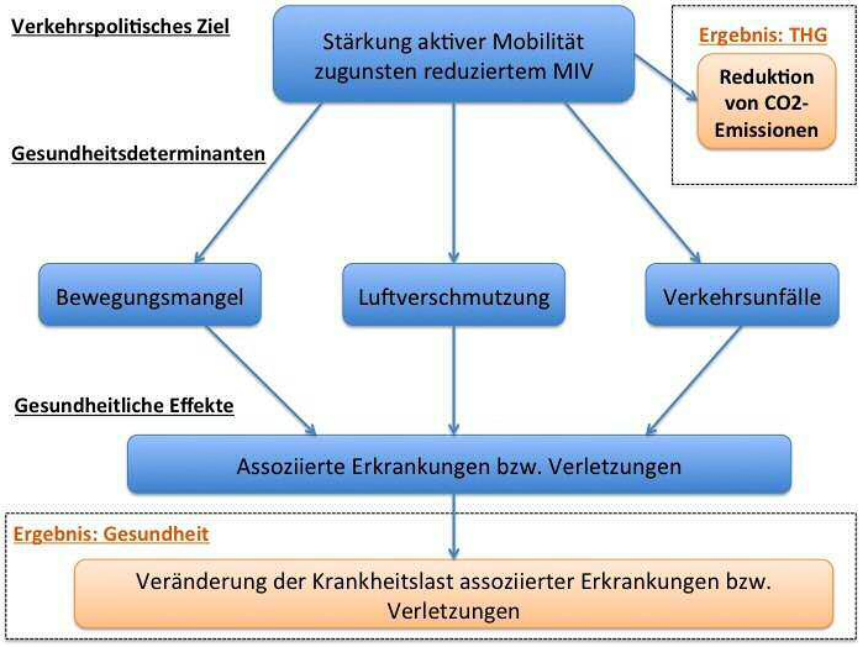


Abbildung 10: Modell zur Abschätzung der Gesundheitsfolgen gesteigerter aktiver Mobilität zugunsten reduzierten MIV, inklusive einer Abschätzung verringerter THG-Emissionen (eigene Darstellung)

Grundkonsens der Forschungsergebnisse ist, dass sich gesteigerte aktive Mobilität positiv auf die Gesundheit der VerkehrsteilnehmerInnen sowie auf die gesamte städtische Bevölkerung auswirkt (siehe: de Hartog et al. 2010, Lindsay et al. 2010, Holm et al. 2012, Rojas-Rueda et al. 2013, Woodcock et al. 2009, 2013, Maizlish et al. 2013, Pfaffenbichler 2011). Infolge gesteigerter körperlicher Aktivität profitieren vor allem jene Menschen, die aktive Fortbewegungsmittel in ihren Alltag integrieren.
Es finden sich auch negative Auswirkungen aufgrund steigender Unfallzahlen sowie einer erhöhten Aufnahme an Luftschadstoffen (Feinstaubpartikel PM 2,5) während des Pendelns mit dem Fahrrad anstelle des Autos wieder (Woodcock et al. 2009, de Hartog et al. 2010, Holm et al. 2012, Pfaffenbichler 2011, Maizlish et al. 2013). Jedoch überwiegen die positiven Gesundheitsauswirkungen körperlicher Bewegung die negativen Effekte von Unfällen und Feinstaubbelastungen bei weitem.
Stellvertretend für den Großteil der Schlussfolgerungen aus den genannten Studien ist folgende graphische Abbildung der Endergebnisse von Rojas-Rueda et al. (2013). Entlang von acht verschiedenen Verkehrsszenarien wurden die Gesundheitsauswirkungen (dargestellt in DALYs) aufgrund der Veränderungen bei der Verkehrsmittelwahl zugunsten aktiver Mobilität und ÖV ermittelt.

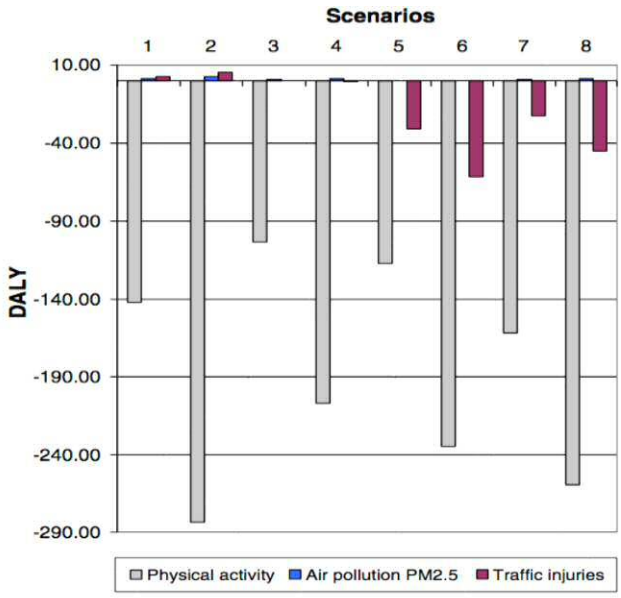


Abbildung 11: Disability Adjusted Life Years je Szenario und Gesundheitsdeterminante (Rojas-Rueda et al. 2013: 578)

Szenarien 1-4 entsprechen einer Verringerung des MIV innerhalb von Barcelona und Szenarien 5-8 einer Verringerung des MIV im stadtgrenzüberschreitenden Verkehr. Aus der Grafik wird ersichtlich, dass die Reduktion von DALYs aufgrund körperlicher Bewegung den leichten Anstieg von DALYs aufgrund von Feinstaubbelastung (PM 2,5) deutlich überwiegt (Szenario 1-4). In Szenario 5-8 zeigt sich, dass eine Verringerung des MIV im stadtgrenzüberschreitenden Verkehr zugunsten der Verkehrsmittel des Umweltverbundes (vorwiegend ÖV) zusätzlich eine Reduktion der Unfälle mit sich bringt.
Rojas-Rueda et al. (2013) modellierten ebenso die Reduktion der Feinstaubkonzentration (PM 2,5) aufgrund verringerten MIV im gesamten städtischen Bereich um die Veränderungen des Gesundheitszustandes der Gesamtbevölkerung abzuschätzen. Dafür wird ein komplexes Be-

rechnungstool zur Abschätzung des Ausbreitungsverhaltens von Feinstaub angewendet. Gemäß den Abschätzungen sind die positiven Effekte auf die Gesundheit der Bevölkerung in dieser Studie äußert minimal. Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf andere Städte ist fraglich, da für solche Einschätzungen etliche Faktoren eine Rolle[16] spielen. Zudem sind neben dem Verkehrssektor auch andere Bereiche (z.B.: Industrie) und Faktoren (nicht anthropogene Verursacher) für die Konzentration von Feinstaubpartikeln in der Luft verantwortlich.
Eine Ausnahme stellen die Modellergebnisse von Woodcock et al. (2009 & 2013) und Maizlish et al. (2013) dar. Sie ergeben in Bezug auf die Feinstaubbelastung geringe positive gesundheitliche Effekte. Dies resultiert daraus, dass in den Modellierungen eine Abnahme der Luftschadstoffkonzentration angenommen wird.

Ein Vergleich der Ergebnisse einzelner Studien verdeutlicht das Spektrum der jeweiligen Endresultate. Ursache dafür sind die methodischen Herausforderungen im Erstellen solcher Berechnungen. Um zu den gewünschten Ergebnissen zu kommen, ist der Zugriff auf einen breiten Datenpool aus verschiedenen Bereichen notwendig, der sich im besten Fall jeweils auf regionale Begebenheiten beziehen sollte:

- Mobilitätskennzahlen (z.B.: Verkehrsmittelwahl, mittlere Weglänge)
- demographische Daten
- Studiengruppe
- Ausmaß der Exposition gegenüber der Gesundheitsdeterminanten
- Gesundheitszustand der Bevölkerung (Verteilung von Erkrankungen)
- Luftschadstoffkonzentrationen (mittlere Werte und Werte im Straßenverkehr)

Einzelne Unterschiede in der Ausgangsdatenlage (z.B.: unterschiedliche Luftschadstoffkonzentrationen in verschiedenen Städten) führen unweigerlich zu unterschiedlichen Ergebnisse. Zudem bestehen Unterschiede in der Herangehensweise, vor allem in der Ausführung der einzelnen Studien. Dies erschwert die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Letzten Endes sind sich zumindest alle Studien darin einig, dass die gesteigerte körperliche Bewegung bei einem Umstieg vom MIV auf aktive Fortbewegungsmittel den größten Anteil positiver Gesundheitsauswirkungen mit sich bringt.

In Folge der Auseinandersetzung mit Einflussgrößen des Verkehrssektors auf die Gesundheit und dem aktuellen Forschungstand zu assoziierten Gesundheitsauswirkungen aktiver Mobilität, beschäftigt sich das nächste Kapitel mit der Abschätzung der Gesundheitsfolgen einer gesteigerter Fahrradnutzung gemäß den Mobilitätszielen des Wiener Stadtentwicklungsplans 2025. Folgendes Kapitel behandelt somit die konkrete Fragestellung der Masterarbeit und stellt die Auswertung und Ergebnisse im Detail vor. Eingangs vermitteln die nächsten Absätze grundsätzliche Prämissen, methodische Grundlagen und relevante Messgrößen die zur Auswertung der Resultate wesentlich waren.

[16] Wetter, unterschiedliche Emissionsquellen, Flottenzusammensetzung, Street Canyon Effect (vgl. Rojas-Rueda et al. 2013: 576)

4 Prämissen und Methoden

In einem ersten Schritt wird auf Basis einer Einschätzung der zukünftigen Verkehrsmittelwahl ein Szenario erstellt (Szenario STEP 2025). Die Abschätzungen der gesundheitlichen Auswirkungen, als Kernbereich der Berechnungen, erfolgen entlang der Veränderung des Modal Split Anteils Rad (5.2).
Komplementär dazu wird im Anschluss die Reduktion an CO2-Emissionen durch den verringerten MIV Anteil am Modal Split errechnet (5.3).

4.1 Szenario STEP 2025

Gemäß den Mobilitätsvisionen des STEP 2025 sollen die WienerInnen zukünftig 80% ihrer Wege mit öffentlichen Verkehrsmitteln, dem Rad oder zu Fuß zurücklegen, während der Anteil des motorisierten Individualverkehrs auf 20 % sinken soll (vgl. MA18 2015: 16). Die prognostizierte Verteilung der Verkehrsmittelwahl im Umweltverbund ist im Fachkonzept Mobilität mittels Schwankungsbereichen dargestellt (Abb. 12) und ermöglicht so, bis auf Ausnahmen des MIV, keine exakten Annahmen.

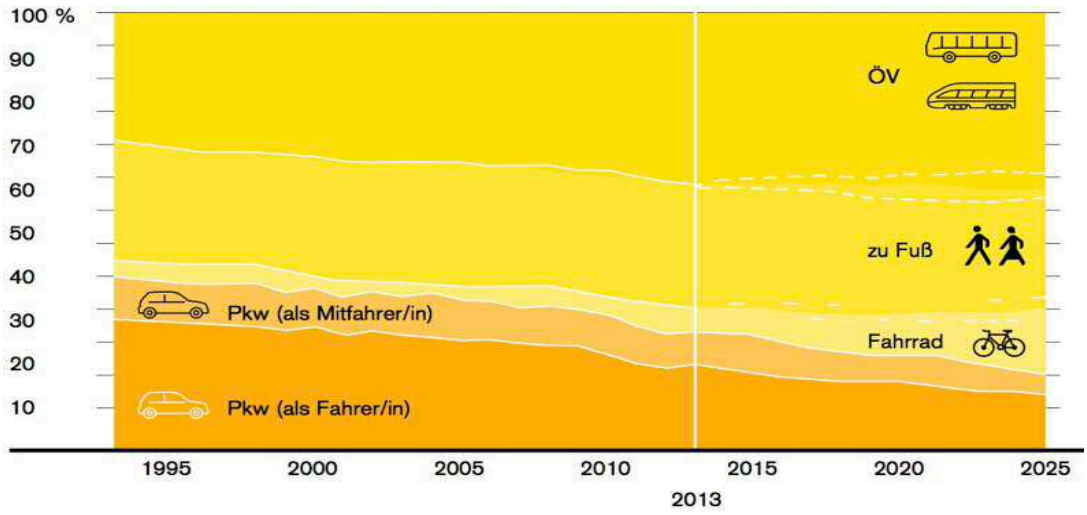


Abbildung 12: Prognostizierter Modal Split gemäß STEP 2025 (MA 18 2015: 22)

Im Entwurf des Fachkonzeptes Mobilität sind Richtwerte bezüglich der Veränderung der Modal Split Anteile einzelner Verkehrsmittel jedoch vermerkt (vgl. MA 18 2014: 16). Diese Annahmen werden von der Masterarbeit übernommen (Abb. 13) und dienen der Erstellung des Szenarios STEP 2025. Die Änderung der Verkehrsmittelwahl im Szenario STEP 2025 bezieht sich auf die erhobene Verkehrsmittelwahl in Wien des Basisjahres 2010[17].

[17] aus AEA 2012: 92

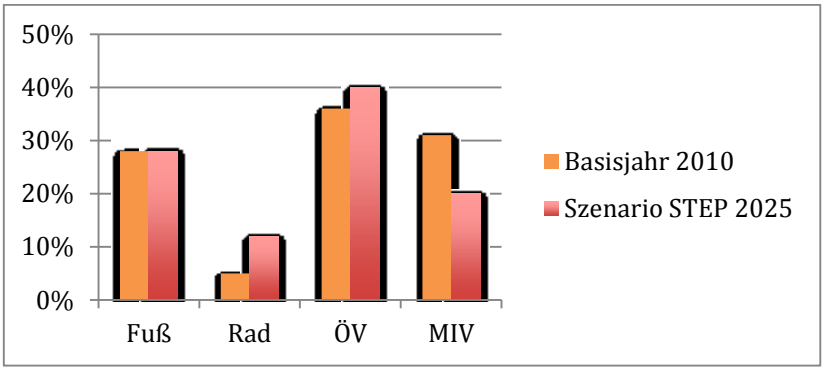


Abbildung 13: Veränderung der Modal Split Anteile der täglichen Wege: Basisjahr 2010 vs. Szenario STEP 2025 (eigene Darstellung)

Im Vordergrund der Berechnung stehen der Zuwachs des Fahrradverkehrs und die Verringerung des motorisierten Individualverkehrs. Auf Basis dieser Veränderungen werden die gesundheitlichen Auswirkungen und die Reduktion der CO2-Emissionen im Verhältnis zum Basisjahr 2010 modelliert. Der erforderliche Datenpool zur Beantwortung der Forschungsfrage beinhaltet Angaben des 2010 aus den folgenden Bereichen:

- Gesundheitsdaten
- Mobilitätskennzahlen
- Emissions- und Immissionsdaten
- Demographische Daten
- Angaben zu Dosis – Wirkungszusammenhängen der jeweiligen Exposition mit assoziierten Erkrankungen

Dem Szenario liegt die Annahme zugrunde, dass die Änderung der Verkehrsmittelwahl bereits im Basisjahr 2010 umgesetzt werden. Quasi von einem Tag auf den anderen. Damit sind in den Berechnungen zukünftige Entwicklungen wie etwa demographischer oder sozioökonomischer Wandel, Flächennutzungsänderungen, technologische Innovationen, Effizienzsteigerungen von Verkehrsmitteln[18], Verwendung alternativer Antriebe und Veränderungen in Mobilitätskennzahlen[19]sowie Veränderungen der Luftschadstoffkonzentration nicht berücksichtigt.

Vor diesem Hintergrund wurde mittels Comparative Risk Assessment die Veränderung des Gesundheitszustandes aufgrund eines Anstiegs der Fahrradnutzung und zugunsten einer Verringerung des MIV errechnet.
Die Berechnung zur Reduktion von CO2-Emissionen erfolgte anhand von Emissionsfaktoren (CO2g/FzKm[20]).

[18] Ausnahme sind verbesserte Emissionsfaktoren (CO2/km) von Kraftfahrzeugen
[19] Ausnahme ist der Besetzungsgrad von PKWs
[20] CO2 Gramm pro Fahrzeugkilometer

4.2 Methoden und Messgrößen

4.2.1 Comparative Risk Assessment (CRA)

Ein Comparative Risk Assessment ist eine von der WHO entwickelte Methode zur systematischen Evaluation einer Veränderung des Gesundheitszustands der Bevölkerung. Der modifizierte Gesundheitszustand ergibt sich aus der veränderten Verteilung der Exposition gegenüber einzelner oder einer Gruppe von Risikofaktoren in der Bevölkerung (vgl. Ezzati et al. 2004: 2).

Ein Beispiel: Das Niveau körperlicher Anstrengung während des Zurücklegens eines Weges ist mit dem Verkehrsmittel Rad höher, als wenn der gleiche Weg mit dem Pkw zurückgelegt geworden wäre. Studien zufolge wissen wir, dass regelmäßige körperliche Bewegung den Risikofaktor hinsichtlich Erkrankungen, die mit Bewegungsmangel in Verbindung stehen, zum Positiven verändert (vgl. WHO 2010: 8f). Wenn nun eine Gruppe von Menschen regelmäßig ihre Alltagswege mit dem Rad anstelle des motorisierten Individualverkehrs zurücklegt, so ändert sich die Verteilung der Exposition gegenüber mangelnder körperlicher Bewegung in der Bevölkerung, und somit die Anzahl der Erkrankungen die mit mangelnder Bewegung assoziiert werden. Um eine Veränderung des Gesundheitszustands einer Bevölkerung darzustellen, kommt in einem Comparative Risk Assessment die Maßzahl DALY zur Anwendung.

4.2.2 Disability adjusted life years (DALY)

Die Maßzahl DALY wurde im Zuge des Global Burden of Disease Projekts eingeführt und dient zur Quantifizierung von Krankheitslasten. 1990 wurde in Zusammenarbeit der Harvard School of Public Health mit der WHO die erste Studie des Global Burden of Disease durchgeführt. Diese Studie quantifizierte die weltweiten Gesundheitseffekte von mehr als 100 Erkrankungen und Verletzungen. Ziel war es, miteinander vergleichbare Schätzungen zu Mortalität und Morbidität differenziert nach Alter, Geschlecht und Region zu ermitteln, und diese durch Erstellung einer Datenbank verfügbar zu machen. Die jeweiligen Krankheitslasten zu Mortalität und Morbidität werden in DALYs zusammengefasst. Diese aggregierte Darstellung ermöglicht es, die Krankheitslasten unterschiedlicher Länder miteinander zu vergleichen (vgl. WHO 2013a: 1).

Ein DALY wird als ein verlorenes Lebensjahr in voller Gesundheit gedacht. Die Vermeidung von DALYs führt dementsprechend zu einer Verbesserung des Gesundheitszustandes der Bevölkerung. Die Berechnung der DALYs ergibt sich aus der Addition der aufgrund von vorzeitiger Sterblichkeit verlorenen Lebensjahre (YLL – years life lost) mit jener Lebenszeit, die man mit einer Erkrankung verbracht hat (YLD - years lived in disability or disease). Folglich kombinieren DALYs Mortalität und Morbidität in der Darstellung der Krankheitslasten einer Bevölkerung. Die YLL werden im Verhältnis zu einer standarisierten altersspezifischen Lebenserwartung gemessen[21]. Die Schwere der YLD wird entsprechend der Belastung der jeweiligen Erkrankung[22] gewichtet (vgl. Schöffski et al. 2012: 108).

[21] 80 Jahre für Männer und 82,5 Jahre für Frauen

[22] Belastung durch eine Erkrankung wird durch die Reduktion der menschlichen Funktion z. B. Lernen, Arbeiten, eigenständige Nahrungszunahme und selbständiges Anziehen gemessen (vgl. Schöffski et al. 2012: 108).

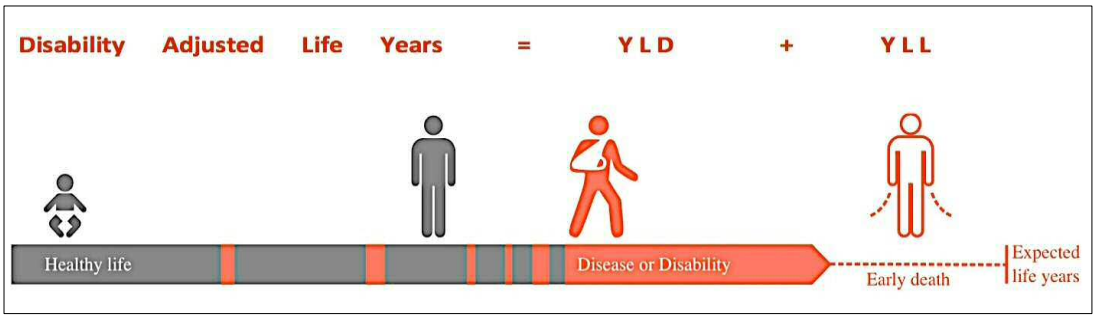


Abbildung 14: DALY - Disability adjusted life years[23] (veränderte Darstellung)

DALYs werden in der Masterarbeit dazu verwendet, die Veränderung der Krankheitslast aufgrund einer Stärkung des Fahrradverkehrs und zugunsten verringertem motorisierten Verkehr darzustellen. Grundlegende Angaben zu den Krankheitslasten aus Österreich in Form von DALYs wurden von der Datenbank weltweiter Krankheitslasten vom „Institute for Health Metrics and Evaluation“ bezogen (URL3).

4.2.3 Potential Impact Fraction (PIF)

Um die Veränderungen der Krankheitslast zu berechnen wird die epidemiologische Methode „Potential Impact Fraction“ (PIF) angewendet. Mithilfe des PIF kann man die Effekte einer veränderten Verteilung der Exposition gegenüber einzelnen oder einer Gruppe von Risikofaktoren in der Bevölkerung ermitteln. Für die Berechnung des PIF braucht man Informationen bezüglich der prozentuellen Verteilung der Risikofaktoren in der Bevölkerung und deren Veränderung durch eine Intervention. Zudem benötigt man Angaben zum relativen Risiko (RR) für jede Expositionskategorie und deren assoziierten Gesundheitsrisiken (z.B.: Erkrankungsbilder infolge von Feinstaubbelastung). Anhand dieser Daten lässt sich die Veränderung der Krankheitslast durch eine Veränderung der Verteilung der Exposition gegenüber dem Risikofaktor durch folgende Formel (Abb. 15) berechnen.

$$\mathrm{PIF} = \frac{\left(P - P^*\right)(RR - 1)}{P(RR - 1) + 1}$$

P = *Verteilung des Risikofaktors in der Studiengruppe **vor** der Intervention*
P =* *Verteilung des Risikofaktors in der Studiengruppe **nach** der Intervention*
RR = *relatives Risiko der Exponierten gegenüber den Nichtexponierten*

Abbildung 15: Berechnung der PIF (Barendregt et al 2010: 1)

[23] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DALY_disability_affected_life_year_infographic.svg (Zugriff 02.10.2015)

4.2.4 Relatives Risiko (RR)

Bei einem Umstieg vom Pkw auf das Rad verändert sich auch die Exposition gegenüber den assoziierten Gesundheitsrisikofaktoren. Stellt man die beiden unterschiedlichen Angaben des Risikos der jeweiligen Verkehrsmittel in ein Verhältnis, ergibt sich das relative Risiko. Das relative Risiko wird dementsprechend als das Verhältnis des Risikos der Exponierten gegenüber dem Risiko der Nichtexponierten definiert.
Ein hypothetisches Beispiel zur Veranschaulichung des relativen Risikos:

Tabelle 1: Hypothetisches Beispiel zu Korrelation von Raucher und Lungenkrebs (Kvas 2005: 18)

		Lungenkrebs (Fälle)		
		Ja	Nein	Personen
Raucher	Ja	90	9.910	10.000
	Nein	40	19.960	20.000

- Risiko der Raucher an Lungenkrebs zu erkranken: 90 von 10.000 oder 0,9%
- Risiko der Nichtraucher an Lungenkrebs zu erkranken: 40 von 20.000 oder 0,2%
- Das Verhältnis des Risikos der Raucher zum jenem der Nichtraucher ist das relatives Risiko (RR)
- RR = ((90/10.000)/(40/20.000) = 4,5
- Interpretation: Raucher haben gegenüber Nichtrauchern ein 4,5faches höheres Risiko an Lungenkrebs zu erkranken.

Das relative Risiko als ein Quotient von Risiken gibt an, um wie viel sich die Erkrankungswahrscheinlichkeit erhöht, wenn man einer definierten Exposition unterliegt. Es kann Werte zwischen 0 und unendlich annehmen. Beim Wert RR = 1 sind beide Risiken der Exponierten gegenüber jenen der Nichtexponierten gleich groß. Bei Werten RR > 1 ist die Wahrscheinlichkeit einer Erkrankung unter Exposition größer als unter Nichtexposition. Umgekehrt dagegen lassen Werte RR < 1 darauf schließen, dass die Exposition einen schützenden Faktor darstellt (vgl. Kreienbrock et al. 2012: 43f).

Die in der Berechnung der Masterarbeit verwendeten Angaben des RR zu Feinstaub (PM 2,5) und körperlicher Aktivität werden aus der WHO Comparative Quantification of Health Risks Study entnommen. Die Studie enthält umfassende Forschungsergebnisse zu Metastudien unterschiedlicher Expositionen gegenüber Gesundheitsrisiken und assoziierten Erkrankungen. Das relative Risiko für Unfälle von RadfahrerInnen gegenüber AutofahrerInnen wurde im Zuge der Berechnungen selbst ermittelt.

4.2.5 Emissionsfaktoren (g/FzKm)

Die Reduktion der CO2-Emissionen entfallener MIV-Wege werden anhand des Emissionsfaktors CO2g/Fahrzeugkilometer (g/FzKm) gemäß dem Handbuch für Emissionsfaktoren (URL6) ermittelt. Die Erstellung des Handbuchs entstand in Zusammenarbeit von Österreich, Deutschland, der Schweiz und den Niederlanden. Es stellt relevante Schadstoffe von motorisierten Kraftfahrzeugen in der Einheit g/FzKm zur Verfügung.

5 Empirische Bearbeitung der Forschungsfrage

Die Bearbeitung der Forschungsfrage erfolgt getrennt nach Abschätzung der Gesundheitsfolgen (Kapitel 5.2) und der Abschätzung der Reduktion an CO2-Emissionen (Kapitel 5.3). Vorab eine Zusammenfassung relevanter Mobilitätkennzahlen die für beide Berechnungen essentiell sind.

5.1 Mobilitätskennzahlen

Im ersten Bearbeitungsschritt der Forschungsfrage wurden Mobilitätkennzahlen zu Wien zum Basisjahr 2010 zusammengestellt und durch Annahmen des Szenarios STEP 2025 erweitert (Tab. 2). Zu den elementaren Mobilitätskennzahlen zählt die Verkehrsmittelwahl, dargestellt durch den Modal Split, die mittleren Weglänge der jeweiligen Verkehrsmitteln, die zurückgelegten Wege pro Person und Tag sowie der Besetzungsgrad von Pkws[24]. Mit Hilfe der Angaben zur Bevölkerungszahl für Wien 2010 lassen sich die Wege/Verkehrsmittel/Tag berechnen. Im Szenario STEP 2025 werden demographische Entwicklungen nicht berücksichtigt. Dementsprechend sind die Wege/Verkehrsmittel/Jahr im Szenario unter der Annahme konstant gehaltener Demographie von 2010 errechnet.

Tabelle 2: Wege/Verkehrsmittel/Tag (in 1.000) je Verkehrsmittelwahl für das Basisjahr 2010 und Szenario STEP 2025 (eigene Darstellung)

	Basisjahr 2010		Szenario STEP 2025		Veränderung
	absolut	%[a]	absolut	%[b]	absolut
EinwohnerInnen[d]	**1.695.590**	100	**1.695.590**	100	
Wege/Person/Tag[c]	2,7		2,7		
Fußwege	1.281,8	28	1.281,8	28	
Radwege	228,9	5	549,3	12	320,4
ÖV-Wege	1.648,1	36	1.831,2	40	183,1
MIV-Wege FahrerInnen	1.075,1	23	610,4	13	**-464,7**
MIV-Wege MitfahrerInnen	344	8	305,2	7	-38,8
Gesamt	4.578	100	4.578	100	

[a] (AEA 2012 : 92), [b](MA 18 2014: 16), [c] (MA 18 2013: 09),
[d] (Statistik Austria; Anhang Tab. 26),[e] (MA 18 2013: 32);

Weitere wichtige Angaben sind die mittlere Geschwindigkeit/Weg sowie die mittlere Weglänge/Verkehrsmittel für Rad und Pkw.

Tabelle 3: mittlere Geschwindigkeit und mittlere Weglänge der Verkehrsmittel Rad und Pkw (eigene Darstellung)

	Mittlere Geschwindigkeit (Km/h)	Mittlere Weglänge[c] (Km)
Fahrrad	14[a]	2,4
Pkw	25[b]	5,9

[a](Pfaffenbichler 2011: 75)[25], [b](Trunk 2010: 15)[26], [c](AEA 2012 : 92)

[24] Berechnung des Modal Split Anteils MIV FahrerInnen & MIV MitfahrerInnen vgl. Tab. 27 im Anhang
[25] eigene Berechnung (Median der Alterskohorte 20-69)
[26] nach (MA 18 2010)

Die Angaben aus Tab. 2 und Tab. 3 stellen das Fundament der weiteren Berechnungen dar. Aufgrund der Änderung des Modal Split Anteils des MIV von 31% (vgl. AEA 2012: 92) auf 20% (STEP 2025 Szenario, MA18 2014: 16) entfallen insgesamt 503.590 MIV-Wege/Tag[27]. Diese wurden gemäß dem Szenario STEP 2025 Modal Split auf die Verkehrsmittel Rad (2/3 der Wege) und öffentlicher Verkehr (1/3 der Wege) verteilt. In Wien ist ein Viertel der MIV-Wege nicht länger als drei Kilometer und fast die Hälfte nicht länger als fünf Kilometer (vgl. MA 18 2011: 80). Dementsprechend besteht ein großes Potential um diese kurzen Wege mit dem Rad oder ÖV zurück zu legen.
Auf Basis der Wege-Umschichtungen werden im Szenario STEP 2025 die Gesundheitsfolgen eines Umstieges vom MIV auf das Rad abgeschätzt (5.2).
Die Reduktionen der CO2-Emissionen werden in Kapitel 5.3 abgeschätzt. Mit Hilfe der Angaben der MIV-Wege FahrerInnen (-464.746 Wege/Tag, vgl. Tab.2) werden in Kombination mit der mittleren Weglänge des MIV (vgl. Tab. 3) die CO2-Emissionen und deren Veränderung im Szenario STEP 2025 berechnet (vgl. Tab. 13).

5.2 Abschätzung der Gesundheitsfolgen einer wachsenden Fahrradnutzung

Die Abschätzung der Gesundheitsfolgen wurde anhand der Gesundheitsdeterminanten Luftschadstoffe, körperliche Bewegung und Verkehrsunfälle ermittelt. Im Szenario STEP 2025 wird das Ausmaß der MIV-Wege um 35% reduziert. Etwa 2/3 der entfallenen Wege werden durch Radwege substituiert. In diesem Kontext stehen jene Personen im Fokus, die im Szenario STEP 2025 zusätzlich zu der Gruppe täglicher RadfahrerInnen aus dem Basisjahr 2010 zu zählen sind. Daher wurde mit Hilfe mehrerer Rechenschritte eine Abschätzung der Anzahl der Personen in dieser Gruppe getroffen.
In einem ersten Schritt wurde eine Annahme des prozentuellen Anteils täglicher RadfahrerInnen in der Alterskohorte 20 bis 69 Jahre für das Basisjahr 2010 ermittelt. Die Auswahl der Alterskohorte begründet sich dadurch, dass diese Gruppe in Wien am stärksten in der Verkehrsmittelwahl Rad und MIV vertreten ist (vgl. Tab. 29 im Anhang) und die verwendeten Angaben des relativen Risikos gegenüber Erkrankungen assoziierter Gesundheitsdeterminanten sich auf diese Alterskohorte beziehen.

Vor diesem Hintergrund wurde für das Basisjahr 2010 der Alterskohorte entsprechend, der mittlere Modal Split Anteil Rad errechnet (vgl. Tab. 29 im Anhang). Unter der Annahme, dass im Szenario STEP 2025 die Modal Split Anteile (Rad) in der Alterskohorte im selben Verhältnis wie in der gesamten Bevölkerung anwachsen, wurden die Werte (Rad) im Szenario STEP 2025 neu berechnet.

Tabelle 4: Modal Split Anteile Rad für die Alterskohorte 20-69 (eigene Darstellung)

	Basisjahr 2010	Szenario STEP 2025	Veränderung %
Modal Split Anteil Rad (gesamte Bevölkerung)[c]	5%	12%	+140%
Modal Split Anteil Rad (Alterskohorte 20-69)	6,2%[a]	14,9%[b]	+140%
[a] vgl. Tab. 29 im Anhang, [b] Eigene Berechnung , [c] vgl. Tab. 2			

Analog dazu wurden mithilfe der Angaben zur Personenanzahl in der Alterskohorte die Radwege/Tag für das Basisjahr 2010 und Szenario STEP 2025 errechnet (Tab. 5). Auf dieser Basis

[27] MIV-Fahrer und MIV-MitfahrerInnen

ergeben sich die zusätzlichen Radwege/Tag im Szenario STEP 2025 (+275.130 Wege/Tag in der Alterskohorte 20-69).

Tabelle 5: Radwege/Tag der Alterskohorte 20-69: Basisjahr 2010 vs. Szenario STEP 2025 (eigene Berechnung)

	Basisjahr 2010		Szenario STEP 2025		Veränderung	
	absolut	%	absolut	%	absolut	%
Personen Alterskohorte[a] (20-69)	1.173.961		1.173.961			
Wege/Person/Tag[b]	2,70		2,70			
Radwegeanteil am Modal Split	0,17	6,2	0,40	14,9		
Radwege/Tag	196.521		471.651		**+275.130**	+140
[a](Statistik Austria; Anhang Tab. 26), [b](MA 18 2013: 09),						

Die Angaben der prognostizierten zusätzlichen Radwege/Tag, dienen dem letzten Schritt der Abschätzung des prozentuellen Anteils täglicher RadfahrerInnen zwischen 20 und 69 Jahren und damit der Einschätzung der zukünftigen Veränderung täglicher RadfahrerInnen. Laut Radverkehrserhebung Wien, legt einE RadfahrerIn pro Tag 2,5 Wege zurück (vgl. MA 18 2011: 68). Anhand dieser Angaben und mit Hilfe der Radwege/Tag aus Tab. 5 ergeben sich Abschätzungen zur Anzahl täglicher RadfahrerInnen des Basisjahres 2010 sowie zum Szenario STEP 2025 (Tab. 6). Mittels dieser Zahlen ergibt sich eine Veränderung von 110.052 zusätzlichen täglichen RadfahrerInnen/Tag im Szenario STEP 2025. In Bezug auf diese Studiengruppe wird ein Comparative Risk Assessment eines Umstiegs vom MIV auf das Rad erstellt.

Tabelle 6: Tägliche RadfahrerInnen absolut und als prozentueller Anteil (eigene Berechnung)

	Basisjahr 2010		Szenario STEP 2025		Veränderung
	absolut	%	absolut	%	
Personen Alterskohorte[a] (20-69)	1.173.961	100	1.173.961	100	
Radwege/Tag	196.521		471.651		
Wege/RadfahrerIn/Tag	2,5		2,5		
RadfahrerInnen/Tag	78.608[28]	6,70	188.660	16,07	**+110.052**
[a] vgl. Tab. 38 im Anhang					

Dementsprechend ist die Veränderung des prozentuellen Anteils täglicher RadfahrerInnen in der Alterskohorte 20-69 im Szenario STEP 2025 zur Ermittlung der gesundheitlichen Effekte durch die veränderte Exposition gegenüber Luftschadstoffen und Verkehrsunfällen im Straßenverkehr wesentlich. Der prognostizierte absolute Zuwachs an täglichen RadfahrerInnen (+110.052) verändert die Verteilung der Exposition gegenüber Bewegungsmangel in der Al-

[28] Laut Statistik Austria fuhren in Wien im Jahr 2010 5,5 % der Personen (15 Jahre und älter) täglich mit dem Fahrrad. Das sind etwa an die 80.000 RadfahrerInnen (vgl. Tab.19 im Anhang). Dies ist eine Bestätigung meiner eigenen Berechnung von 78.608 täglichen RadfahrerInnen zwischen 20 und 69 Jahren in Wien im Jahr 2010.

terskohorte. „Kennt man den Anteil der Exponierten in der Bevölkerung ("Expositionsprävalenz"), so lässt sich angeben, wie viele Erkrankungsfälle der Exposition zugeschrieben werden können bzw. wie viele bei Wegfall der Exposition vermeidbar sind“ (Kreienbrock et al. 2012: 47).
Um gesundheitliche Effekte durch einen Umstieg vom MIV auf das Rad im Szenario STEP 2025 ermitteln zu können, ist es erforderlich die Veränderung der Exposition hinsichtlich der Gesundheitsdeterminanten körperliche Aktivität, Luftschadstoffe und Verkehrsunfälle im Detail zu betrachten. Um Übersetzungsfehler zu vermeiden, befindet sich im Anhang eine Liste zu englischen und deutschen Benennung der erwähnten Erkrankungen (vgl. Tab. 26 im Anhang).

5.2.1 Gesundheitsdeterminanten

5.2.1.1 Körperliche Aktivität

Laut WHO ist für die Altersgruppe 20-69 Jahre mindestens 150 Minuten moderate körperliche Aktivität[29] in der Woche erforderlich, um das Erkrankungsrisiko hinsichtlich Erkrankungen, die mit Bewegungsmangel in Verbindung stehen, zu reduzieren (WHO 2010: 8f). Die WHO kategorisiert dieses Ausmaß an Bewegung mit „sufficently active“. Bei weniger als 150 Minuten moderater körperlicher Aktivität/Woche spricht die WHO von „insufficiently active“ (vgl. Bull et al. 2004: 743).
In Österreich kann man 52,6% der Männer sowie 22,5% der Frauen der WHO-Kategorie „sufficently active“ zuordnen, da sie im Ausmaß von mindestens 150 Minuten pro Woche körperliche Bewegung betreiben (vgl. Putz 2009: 75 & Elmadfa et al. 2012: 385ff). Für beide Geschlechter ergibt sich daraus ein arithmetischer Mittelwert von annähernd 38%.
Laut den Berechnungen aus Tab. 6 fahren im Szenario STEP 2025 zusätzlich 110.052 Personen täglich mit dem Rad. Mittels Angaben der mittleren Weglänge (2,4 km) sowie der Durchschnittsgeschwindigkeit (14 km/h)[30] und der Annahme, dass täglich 2,5 Wege/RadfahrerIn 7 mal die Woche zurückgelegt werden, tätigen diese Personen 180 Minuten moderate körperliche Bewegung in der Woche und sind damit über dem Schwellenwert von 150 Minuten/Woche moderater körperlicher Aktivität[31]. Dieser Abschätzung zu Folge sind im Vergleich zum Basisjahr Wien 2010, im Szenario STEP 2025 110.052 Personen zusätzlich der Kategorie „sufficiently active“ zu zuordnen (Tab. 7). Im Zuge dessen steigt der Personenanteil in der Kategorie „sufficiently active“ von 38% im Basisjahr 2010 auf 47% im Szenario STEP 2025[32].

[29] Körperliche Anstrengung durch Radfahren entspricht laut WHO moderater körperlicher Aktivität (vgl. WHO 2010: 8)
[30] Im Anhang befindet sich eine Grafik zur Visualisierung der Reichweite bei einer Geschwindigkeit von 14 km/h im Raum Wien und Umgebung (vgl. Abb. 26 im Anhang).
[31] Die Annahme, dass im Szenario STEP 2025 die RadfahrerInnen 7 Tage die Woche das ganze Jahr über radfahren beruht darauf, dass der verwendeten Modal Split Anteil Rad einen statistischen Jahreswert darstellt. Der Modal Split Anteil Rad ist in den wärmeren Jahreszeiten deutlich höher als der jährliche Durchschnitt wie er in der Masterarbeit zur Anwendung kommt (vgl. MA 18 2015: 25).
[32] Laut Fachkonzept Mobilität steigert sich der Anteil der Wiener Bevölkerung, der täglich 30 Minuten aktiv Bewegung in der Alltagsmobilität macht, von 23 % 2013 auf 30 % im Jahr 2025. Gemäß eigener Berechnungen bedeutet das einen Zuwachs von 152.228 Personen (vgl. Tab. 30 im Anhang), die im Jahr 2025 zusätzlich im Zuge der Alltagsmobilität 30 Minuten Bewegung machen. Dementsprechend bewegt sich die Abschätzung des Zuwachs an RadfahrerInnen im Szenario STEP 2025 in einem konservativem Bereich und unterschätzt damit die Effekte gegenüber den Zahlen des STEP 2025.

Tabelle 7: Angaben zu körperlicher Aktivität. Wien 2010 vs. Szenario STEP 2025

	Basisjahr 2010		Szenario STEP 2025		Veränderung
	absolut	%	absolut	%	
Alterskohorte 20-69	1.173961		1.173961		
insufficiently active	733.139	62	623.087	53	
sufficently active	440.822	38	550.874	47	**+110.052**

Auf Basis der Veränderung der prozentuellen Verteilung in den Kategorien „sufficiently active“ und „insufficiently active“ wird mit Hilfe der Angaben des relativen Risikos gegenüber assoziierter Erkrankungen (Tab. 8) die Veränderung gesundheitlicher Auswirkungen berechnet (5.2.4). Tab. 8 beinhaltet eine Zusammenfassung der Änderung der Erkrankungswahrscheinlichkeit (RR) assoziierter Erkrankungen bei einem Bewegungsausmaß von „insufficiently active“ gegenüber „sufficently active“.

Tabelle 8: Relatives Risiko assoziierter Erkrankungen bei Veränderung der Exposition gegenüber körperlicher Aktivität (vgl. Bull et al 2004: 834fff)

Gesundheitsdeterminante	**Erkrankung**	**Exposition**	**RR** [a]
Körperliche Aktivität	Ischämische Herzkrankheiten	insufficiently active vs. sufficently active	1,44
	Ischämischer Schlaganfall	insufficiently active vs. sufficently active	1,10
	Brustkrebs	insufficiently active vs. sufficently active	1,13
	Dickdarmkrebs	insufficiently active vs. sufficently active	1,18
	Diabetes mellitus Typ II	insufficiently active vs. sufficently active	1,24

[a] RR aus: Bull et al. 2004: 834fff; Physical activity (‘with adjustment for measurement error’)

Entsprechend der Angaben aus Tab. 8 hat man beispielweise eine 1,24 höhere Wahrscheinlichkeit an Diabetes mellitus Typ II zu erkranken, wenn man das empfohlene WHO-Bewegungsausmaß („sufficently active“) nicht erfüllt.

5.2.1.2 Luftschadstoffe

Die Auswertung der gesundheitlichen Effekte aufgrund von Luftschadstoffen beschränkt sich auf Feinstaub (PM 2,5). Die Berechnungen erfolgen anhand eines Jahresmittelwertes von PM 2,5 zu Wien. Gemäß aktuellem Forschungsstand besteht zwischen der Belastung durch Feinstaub (PM 2.5 & PM10) und den gesundheitlichen Auswirkungen die stärkste Beweislage (vgl. WHO 2013b: 42). Die verwendete Dosis-Wirkungs-Beziehung stammt aus der American Cancer Society Studie (ACS) (POPE et al. 2002), der bisher weltweit größten Studie bezüglich gesundheitlichen Folgen einer langfristigen Feinstaubbelastung.
Gesundheitliche Auswirkungen aufgrund der Feinstaubbelastung (PM10) wurden in Hinblick auf die Gefahr von Doppelzählungen nicht berücksichtigt. Potentielle Gesundheitsauswirkungen auf die gesamte Bevölkerung durch eine zukünftige geringere Feinstaubkonzentration in der Stadt aufgrund verringerten MIV wurden nicht abgeschätzt. Untersuchungen zu gesundheitlichen Auswirkungen von Straßenverkehrsemissionen für die gesamte österreichische Bevölkerung finden man bei Künzli et al. (2009).
Die vorliegenden Berechnungen der Masterarbeit beziehen sich auf die Annahme, dass im

Szenario STEP 2025 Wege mit dem Rad anstelle des Autos zurückgelegt werden. Dementsprechend sind für die Berechnung der Veränderung in der Exposition gegenüber Luftschadstoffen und assoziierten Erkrankungen folgende Rechenschritte erforderlich.

1. Eingeatmete Tagesdosis durch Benutzung des jeweiligen Verkehrsmittels
(vgl. Pfaffenbichler 2011: 12, nach de Hartog et al. 2010)

Zur Berechnung der eingeatmeten Tagesdosis sind folgende Faktoren relevant (vgl. Tab. 31 im Anhang):

- Aktivitäten und durchschnittliche tägliche Dauer je Aktivität (h/d):
  - Schlafen (8 Stunden)
  - Zeit am Rad bzw. im Pkw
    (je nach Weg und mittlerer Geschwindigkeit des Verkehrsmittels)
  - restliche Tageszeit
    (24 Stunden minus Schlafen und Zeit am Rad bzw. im Pkw)
- Schadstoffkonzentration während der jeweiligen Aktivität[33] (PM 2,5 µg/m³)
  Die jeweilige Feinstaubkonzentration/Aktivität zu Wien wurden aus der Studie „Bike Risk“ (vgl. Pfaffenbichler 2011: 45) entnommen.
- Atemvolumen während der jeweiligen Aktivität (l/min)
  Daten zum Atemvolumen je Aktivität sind ebenso von Pfaffenbichler (vgl. Pfaffenbichler 2011: 45) übernommen.

Tabelle 9: Eingeatmete Tagesdosis PM 2,5 je Verkehrsmittel (vgl. Tab. 31 im Anhang)

	Eingeatmete Tagesdosis PM 2,5 (µg/d)
Rad	260,8
Pkw	242,8

2. Durchschnittliche, zeitlich gewichtete Schadstoffkonzentration
(vgl. Pfaffenbichler 2011: 13, nach de Hartog et al. 2010)
Meint den Wert der über 24 Stunden zeitlich gewichteten PM 2,5 Exposition, entsprechend des jeweilig benutzten Verkehrsmittels. Diese Werte sind für die Berechnung der äquivalenten Änderung (Umstieg von MIV auf Rad) der Schadstoffkonzentration ausschlaggebend.

Tabelle 10: Durchschnittliche, zeitlich gewichtete Schadstoffkonzentration (vgl. Tab. 32 im Anhang)

	Durchschnittliche, zeitlich gewichtete Schadstoffkonzentration PM 2,5 (µg/m³)
Rad	20,16
Pkw	20,13

3. Äquivalente Änderung der Schadstoffkonzentration
(vgl. Pfaffenbichler 2011: 14, nach de Hartog et al. 2010)
Das Ergebnis dieser Berechnung (vgl. Tab 32 im Anhang) beschreibt die Veränderung

[33] Unterteilt in Schlafen, Pendeln und Rest

der Exposition gegenüber PM 2,5 bei einem Wechsel vom MIV auf das Rad. Vereinfacht ausgedrückt: Wenn man den Weg mit dem Rad anstelle des Autos zurücklegt. Mit Hilfe dieses Wertes lässt sich in Folge das relative Risiko (RR) berechnen, welches für die Erfassung der Gesundheitseffekte relevant ist.

4. Relatives Mortalitätsrisiko durch Schadstoffbelastung (Abb. 16)
(vgl. Pfaffenbichler 2011: 14, nach de Hartog et al. 2010)
Die gesundheitlichen Effekte der Exposition gegenüber PM 2,5 werden durch die Angaben des relativen Risikos (RR) ermittelt. Die Berechnung erfolgt unter zu Hilfenahme der Angaben des relativen Risikos (RR) je Erkrankungsbild von Pope et al. 2002 (in Cohen et al. 2004: 1395). In Tab. 11 werden die wichtigsten Faktoren der Berechnung wiedergegeben. Im Anhang befinden sich detaillierte Angaben zu den einzelnen Rechenschritten (Tab. 31 & Tab. 32)

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

e = *eulersche Zahl*
r = *Relative Toxizität*
ln = *Natürlicher Logarithmus des relativen Risikos (RR aus Pope et al. 2002 in Cohen et al. 2004)*
10 = *10 µg/m³ (die Literaturangaben des RR beziehen sich auf 10 µg/m³)*
ΔC_k = *Äquivalente Änderung*

Abbildung 16: Relatives Mortalitätsrisiko durch Luftschadstoffbelastung (PM 2,5); (vgl. Pfaffenbichler 2011: 14, nach de Hartog et al. 2010)

Tabelle 11: Relatives Risiko je Erkrankung durch Feinstaub (PM 2,5) bei einem Umstieg von Pkw auf das Rad (eigene Darstellung)

	kardiopulmonale Erkrankungen	Lungenkrebs	Quelle/Kommentar
Relative Toxizität[a]	5	5	(de Hartog et al. 2010: 1111)
RR pro 10 µg/m³	1,059	1,082	(Pope et al. 2002, in Cohen et al. 2004: 1395)
Äquivalente Änderung, ΔC_k (µg/m³)	1,49	1,49	(eigene Berechnung)
Mittlerer Weg (km)	6	6	Jeweils 2,4km mittlere Weglänge mal 2,5 Wege/Tag
RR (Umstieg MIV auf Rad)	**1,064**	**1,089**	(eigene Berechnung)

[a] Annahme, dass im Vergleich zu Pope et al. (2002) die Werte des relativen Risikos einer langfristigen Umgebungsbelastung durch Feinstaub PM 2,5 im Verkehr fünf mal so toxisch sind (vgl. de Hartog et al. 2010: 1111).

Im Szenario STEP 2025 ist das Risiko aufgrund von Feinstaubbelastung eine kardiopulmonale Erkrankung zu erleiden bzw. an Lungenkrebs zu erkranken für Fahrradfahrer 1,064 mal respektive 1,089 mal höher, als wenn dieselbe Distanz mit dem Pkw zurück gelegt wird. Im letzten Schritt werden auf Basis der Veränderung des prozentuellen Anteils täglicher RadfahrerInnen im Szenario STEP 2025 (vgl. Tab. 6) die gesundheitlichen Auswirkungen aufgrund von Feinstaubbelastung (PM 2.5) anhand der PIF ermittelt (5.2.2)

5.2.1.3 Verkehrsunfälle

Aufgrund der Komplexität von Verkehrsunfällen gibt es keine bestehenden Studien die das RR von Verkehrsunfällen des Radverkehrs gegenüber dem MIV abschätzen. Daher wurden die Werte für das Szenario STEP 2025 selbst errechnet. Folgenden Faktoren sind für die Berechnung wesentlich: die zusätzlichen täglichen RadfahrerInnen im Szenario, Angaben aus der Verkehrsunfallstatistik zu Wien[34], Anzahl der Wege/Person/Tag der jeweiligen Verkehrsmittel, durchschnittliche Weglänge/Verkehrsmittel und die Mortalitätsrate der Alterskohorte 20-69 (vgl. Tab. 40 im Anhang). Zur Abschätzung des RR werden in einem ersten Schritt die Verunglücktenrate sowie die Getötetenrate des MIV und des Radverkehrs im Basisjahr 2010 ermittelt. Zwecks einheitlicheren Darstellung werden die Raten nach Personen/Million Kilometer und Jahr gerechnet. Abschätzungen des relativen Risikos werden getrennt nach Verunglücktenrate und Getötetenrate berechnet.

Verunglücktenrate

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

V = Anzahl der Verunglückten VerkehrsteilnehmerInnen/Verkehrsmittel (vgl. Tab. 33 im Anhang)
W = Anzahl der Wege/Person/Tag des Verkehrsmittels (vgl. Tab. 2)
dwl = Durchschnittliche Weglänge/Verkehrsmittels (km) (vgl. Tab. 3)
EW = Anzahl der EinwohnerInnen im Untersuchungsgebiet (Wien 2010, vgl. Tab. 38 im Anhang)

Abbildung 17: Berechnung der Verunglücktenrate (V_R) in Personen je Million km und Jahr (vgl. Pfaffenbichler 2011: 15)

Tabelle 12: Verunglücktenrate (V_R) Basisjahr 2010 in Personen je Million km (eigene Berechnung)

	Fahrrad	MIV
Verunglücktenrate (Personen je Million km und Jahr)	3,544	1,344

Durch die Gegenüberstellung der Raten in Tab 12. wird ersichtlich, dass pro Million Kilometer im Radverkehr mehr Menschen verunglücken als im MIV. Auf dieser Basis lässt sich für das Szenario STEP 2025 das relative Risiko von RadfahrerInnen gegenüber MIV im Straßenverkehr

[34] Die Werte zu Verletzten- und Getötetenzahlen (Rad & MIV) wurden über einen Zeitraum von 5 Jahren gemittelt um etwaigen Ausreißer-Jahre entgegen zu wirken (vgl. Tab. 33 im Anhang).

zu verunglücken, für die Studiengruppe ermitteln. Im Szenario STEP 2025 fahren täglich zusätzlich 110.052 Personen 6 Kilometer mit dem Rad anstelle des Pkws. Aufs Jahr gerechnet fährt diese Gruppe an die 241 Millionen Kilometer. Auf Basis dieser zurückgelegten Entfernung werden die Verunglücktenraten des Radverkehrs und des MIVs berechnet.

Tabelle 13: Berechnung des RR Szenario STEP 2025, Rad vs. MIV (eigene Berechnung)

	Fahrrad	MIV
Verunglücktenrate im Szenario STEP 2025[a]	854	324
RR[b]	**2,64**	
[a] Personen/241Mio. Km und Jahr [b] wenn die Kilometer mit dem Rad anstelle des MIV zurück gelegt werden		

Aus den Berechnungen ergibt sich, dass im Szenario STEP 2025 das Risiko im Straßenverkehr zu verunglücken für FahrradfahrerInnen **2,64 (RR)** mal höher, als wenn dieselbe Distanz mittels MIV zurückgelegt wird.

Getötetenrate

$$G_R = \frac{GET * 10^6}{W * dWL * EW * 365}$$

GET = Anzahl der getöteten VerkehrsteilnehmerInnen/Verkehrsmittel (vgl. Tab. 33 im Anhang)
W = Anzahl der Wege/Person/Tag des Verkehrsmittels (vgl. Tab. 2)
dwl = Durchschnittliche Weglänge/Verkehrsmittels (km) (vgl. Tab. 3)
EW = Anzahl der EinwohnerInnen im Untersuchungsgebiet (Wien 2010, vgl. Tab. 38 im Anhang)

Abbildung 18: Berechnung der Getötetenrate (GET_R) in Personen je Million km und Jahr (vgl. Pfaffenbichler 2011: 16)

Tabelle 14: Getötetenrate (GET_R) Basisjahr 2010 in Personen je Million km (eigene Berechnung)

	Fahrrad	MIV
Getötetenrate (Personen je Million km und Jahr)	0,005	0,002

Die Ermittlung der Getötetenrate für Szenario STEP 2025 verlaufen im ersten Schritt gleich wie bei der Berechnung der Verunglücktenrate (vgl. Tab. 41 im Anhang). Die Abschätzung des relativen Risikos im Straßenverkehr als FahrradfahrerIn tödlich zu verunglücken, gegenüber jenem als Pkw-FahrerIn tödlich zu verunglücken, wird jedoch in Beziehung zur Gesamtmortalitätsrate in der Alterskohorte 20-69 in Wien gesetzt (vgl. de Hartog et al. 2010: 1112).

$$RR = \frac{MR_a + MR_b\,(Rad) - MR_b\,(MIV)}{MR_a}$$

MR_a = Mortalitätsrate der Alterskohorte 20-69 (vgl. Tab. 40 im Anhang)
MR_b = Mortalitätsrate Szenario STEP 2025 (vgl. Tab. 41 im Anhang)

Abbildung 19: Berechnung des relativen Mortalitätsrisiko durch Verkehrsunfälle, Szenario STEP 2025, Rad vs. MIV (eigene Darstellung nach de Hartog et al. 2010: 1112)

Das Risiko für FahrradfahrerInnen im Straßenverkehr tödlich zu verunglücken ist im Szenario STEP 2025 **1,002 (RR)** mal höher, als wenn dieselbe Distanz mit dem Pkw zurückgelegt wird.

5.2.2 Berechnung der Potential Impact Fraction (PIF)

Auf Basis der ermittelten bzw. bezogenen Angaben des relativen Risikos in Bezug auf assoziierte Erkrankungen und der Veränderung des prozentuellen Anteils täglicher RadfahrerInnen im Szenario STEP 2025, wird im nächsten Schritt die Potential Impact Fraction erhoben (Abb. 20). „The potential impact fraction (PIF) is an epidemiological measure of effect that calculates the proportional change in average disease incidence (or prevalence or mortality) after a change in the exposure of a related risk factor“ (Barendregt et al. 2010: 1).

$$\mathrm{PIF} = \frac{\left(P - P^*\right)(RR - 1)}{P(RR - 1) + 1}$$

*P = Verteilung des Risikofaktors in der Studiengruppe **zum Basisjahr 2010***
*P^* = Verteilung des Risikofaktors in der Studiengruppe **im Szenario STEP 2025***
RR = relatives Risiko der Exponierten gegenüber der Nichtexponierten (vgl. Tab. 17)

Abbildung 20: PIF Gleichung (Barendregt et al. 2010: 1)

Im Zuge der Berechnung der PIF von Erkrankungen die mit körperlicher Aktivität assoziiert werden, ist die Verteilung des Risikofaktors „insufficiently active“ in der Bevölkerung von Bedeutung. Insbesondere die Veränderung im Szenario STEP 2025 (*P**) gegenüber dem Basisjahr 2010 (*P*).

Tabelle 15: Verteilung körperlicher Aktivität Basisjahr 2010 vs. Szenario STEP 2025 (vgl. Tab. 7)

Kategorie	Basisjahr 2010	Szenario STEP 2025
insufficiently active	62%	53%

Für die Berechnungen der PIF im Rahmen der Gesundheitsdeterminanten Luftschadstoffe und Verkehrsunfälle ist die Veränderung des prozentuellen Anteils täglicher RadfahrerInnen im Szenario STEP 2025 (P*) gegenüber dem Basisjahr 2010 (P) von Bedeutung. Die Verteilung des Risikofaktors ist in diesem Fall an den Umstieg vom MIV auf das Rad gekoppelt. Der Umstieg steht damit stellvertretend für die Veränderung der Exposition gegenüber den Gesundheitsdeterminanten Luftschadstoffe und Verkehrsunfälle und damit assoziierter Erkrankungen, da die Wege anstelle des MIV mit dem Rad zurückgelegt werden.

Tabelle 16: Prozentueller Anteil täglicher RadfahrerInnen in der Alterskohorte 20-69 Jahre, Basisjahr 2010 vs. Szenario STEP 2025 (vgl. Tab. 6)

	Basisjahr 2010	Szenario STEP 2025
Anteil täglicher RadfahrerInnen	6,70%	16,07%
PIF Gleichung	P	P*

Tab. 17 zeigt eine Zusammenfassung der ermittelten bzw. erhobenen Werte des relativen Risikos (RR) assoziierter Erkrankungen ergänzt durch die Ergebnisse der PIF-Berechnungen.

Tabelle 17: Angaben des relativen Risiko der assoziierten Erkrankungen/Auswirkungen

Gesundheitsdeterminanten	**Erkrankung**	**Exposition**	**RR**	**PIF[d]**
Körperliche Aktivität[a]	Ischämische Herzkrankheiten	insufficiently active vs. sufficently active	1,44	3,24%
	Ischämischer Schlaganfall	insufficiently active vs. sufficently active	1,10	0,88%
	Brustkrebs	insufficiently active vs. sufficently active	1,13	0,87%
	Dickdarmkrebs	insufficiently active vs. sufficently active	1,18	1,52%
	Diabetes mellitus Typ II	insufficiently active vs. sufficently active	1,24	1,96%
Luftschadstoffe[b]	kardiopulmonale Erkrankungen	6 Km pendeln mit dem Rad anstatt des Pkws	1,044	+0,41%
	Lungenkrebs	6 Km pendeln mit dem Rad anstatt des Pkws	1,061	+0,57%
Verkehrsunfälle[c]	Verletzt	Umstieg von MIV auf Rad	2,64	+13,83%
	Getötet	Umstieg von MIV auf Rad	1,002	+0,02%

[a] RR aus: Bull et al. 2004: 834fff; Physical activity ('with adjustment for measurement error')
[b] RR aus: Pope et al. (2002) in Cohen et al. (2004); Modifiziert für die Studiengruppe (vgl. Tab. 9)
[c] RR: Eigene Berechnung
[d] eigene Berechnung

Mit den errechneten PIF-Werten lässt sich auf Basis der Krankheitslast aus dem Jahr 2010 die Veränderung assoziierter Erkrankungen im Szenario STEP 2025 ermitteln.

5.2.3 Krankheitslast in DALYs der Alterskohorte 20-69 Jahre

In Tab. 18 werden die DALY-Werte der Erkrankungen, die mit den Gesundheitsdeterminanten in Verbindung stehen, zusammenfassend dargestellt. Die Ausgangsdaten wurden von der Datenbank aktueller Schätzungen der weltweiten Krankheitslasten (GBD[35]) vom „Institute for Health Metrics and Evaluation" bezogen (URL3). Auf der Homepage des Instituts sind Angaben zur Krankheitslast auf globaler, regionaler und nationaler Ebene nach Alter und Geschlecht von 240 Erkrankungen abrufbar.
Die für die Masterarbeit bezogenen Ausgangsdaten, stellen Angaben zur Krankheitslast der Alterskohorte 20-69 Jahre für gesamt Österreich aus dem Jahr 2010 dar. Diese wurden gemäß der Studiengruppe, der Alterskohorte 20-69 Jahre in Wien, modifiziert.

Tabelle 18: Krankheitslast Österreich 2010 und modifizierte Krankheitslast der Studiengruppe (URL3, hervorgehobene Darstellung, eigene Berechnung)

Gesundheitsdeterminanten	Erkrankung	Geschlecht	Alter	Österreich[a]	Studiengruppe (Wien)[a]	Maßzahl	DALY[b]	DALY Studiengruppe[c]
Körperliche Aktivität	Dickdarm- und Mastdarmkrebs	♂&♀	20-69	5.588.861	1.173.961	DALY	14.717	3.091
	Ischämische Herzkrankheiten	♂&♀	20-69	s.o.	s.o.	DALY	82.059	17.237
	Diabetes mellitus Typ II	♂&♀	20-69	s.o.	s.o.	DALY	35.604	7.479
	Ischämischer Schlaganfall	♂&♀	20-69	s.o.	s.o.	DALY	8.866	1.862
	Brustkrebs	♀	20-69	2.813.819	601.794	DALY	21.823	4.667
Verkehrsunfälle	Fahrrad-unfälle	♂&♀	20-69	5.588.861	1.173.961	DALY	4.477	735
	Fahrrad-unfälle	♂&♀	20-69	s.o.	s.o.	YLL	2.089	38
						YLD	2.388	225
Luftschadstoffe (PM2,5)	Lungenkrebs	♂&♀	30-69	5.547.900	925.347	YLL	49.324	8.227
	kardiopulmonale Erkrankungen	♂&♀	30-69	5.547.900	925.347	YLL	46.486	7.753

[a] vgl. Tab. 38 im Anhang, [b] URL3, [c] eigene Berechnung

In einzelnen Fällen mussten die Angaben der Studiengruppe bzw. Erkrankung angepasst werden.

Körperliche Aktivität

In der Darstellung der Krankheitslast zu Österreich 2010 werden die DALY-Werte zu Krebserkrankungen des Dickdarms (colon cancer) sowie des Mastdarms (rectal cancer) in einem Wert subsumiert. Moderate körperliche Bewegung zeigt jedoch nur signifikante positive Effekte gegenüber einer Krebserkrankung des Dickdarms (vgl. Bull et al. 2004: 805). Daher wurden, anhand der Verteilung der beiden Krebserkrankungen in Österreich (vgl. Tab. 37 im Anhang), die DALY-Werte zu Dickdarmkrebs dementsprechend aufgeschlüsselt.

[35] Global burden of Disease (GBD)

Die Angaben der DALY-Werte zu Diabetes-Erkrankungen betreffen Typ 1 und Typ 2 Diabetes mellitus. Positive gesundheitliche Effekte aufgrund moderater körperlicher Bewegung treffen jedoch nur auf Diabetes mellitus Typ II zu. 90% der DiabetikerInnen in Österreich sind Typ 2 DiabetikerInnen (URL2). Die DALY-Werte zu Diabeteserkrankungen in Österreich in Tab. 18 wurden anhand dieser Verteilung modifiziert.

Verkehrsunfälle
DALY-Werte zu Verkehrsunfällen beziehen sich auf ganz Österreich. Diese Angaben bilden für Wien keine repräsentative Darstellung ab. Somit wurden Unfallzahlen zu ganz Österreich (URL4) jenen aus Wien (URL5) gegenübergestellt. Diesem Verhältnis entsprechend wurden die DALY-Werte der Verkehrsunfälle zu Wien neu ermittelt (vgl. Tab. 35 im Anhang).

Luftschadstoffe
In Hinblick auf Lungenkrebserkrankungen wurde die Bevölkerungsangabe an die Altersklasse 30-69 angeglichen, da der Wert des relativen Mortalitätsrisikos sich nur auf diese Gruppe bezieht. Zudem wurden anstelle der DALYs die Angaben der „years life lost" (YLL) bezogen, da die Risikoschätzer von Pope et al. (2002) allein die Mortalität betreffen (vgl. Cohen et al. 2004: 1395).
In der Krankheitslast zu Österreich 2010 finden sich keine gesammelten DALY-Werte zu kardiopulmonalen Erkrankungen. Diese Bezeichnung ist ein Sammelbegriff für mehrere einzelne Erkrankungen. Aufgrund dessen wurden die DALY-Angaben zu den einzelnen Erkrankungen aus der Krankheitslast zu Österreich 2010 ermittelt und addiert. Folgende Erkrankungen werden unter dem Sammelbegriff subsumiert: *„lower respiratory infections", „upper respiratory infections", „hypertensive heart disease", „ischaemic heart disease", „cerebrovascular disease", „inflammatory heart diseases", „respiratory diseases (Chronic obstructive pulmonary disease)", „asthma"* (vgl. Cohen et al. 2004: 1396).
In der Berechnung der gesundheitlichen Auswirkungen hinsichtlich der kardiopulmonalen Erkrankungen wurden die DALY-Angaben zu „ischaemic heart disease" ausgeklammert, da diese schon im Rahmen der Gesundheitsdeterminante „körperliche Aktivität" berücksichtig sind. Dadurch werden Doppelzählungen vermieden.

5.2.4 Ergebnisse der Abschätzung der Gesundheitsfolgen

Ausgehend von der modifizierten Krankheitslast der Studiengruppe 2010 wird im letzten Schritt der Berechnung unter Anwendung der PIF-Ergebnisse die Änderung der Krankheitslast im Szenario STEP 2025 durch folgenden Rechenschritt ermittelt.

$$DALYs\ STEP\ 2025 = DALYs\ Wien\ 2010 \times (1 - PIF)^{36}$$

Durch die Substitution der entfallenen MIV-Wegen durch das Fahrrad im Szenario STEP 2025 zeigt die Abschätzung gesundheitlicher Folgen eine Reduktion von **minus 808 DALYs** aufgrund der zusätzlich getätigten körperlichen Aktivität. Demgegenüber steht ein geringer Zuwachs an DALYs aufgrund negativer gesundheitlicher Folgen, die mit Luftschadstoffen **(+78 DALYs**) und Verkehrsunfällen **(+31 DALYs**) assoziiert werden. Tab. 19 zeigt einzelne Ergebnisse im Detail.

[36] (vgl. Barendregt et al. 2010: 1)

Tabelle 19: Ergebnistabelle gesundheitliche Effekte in DALY (eigene Darstellung, gerundete Ergebnisse)

Gesundheitsdeterminanten	Erkrankung	PIF	DALY 2010	DALY Szenario STEP 2025	Effekt (DALY)	Veränderung %
Körperliche Aktivität	Ischämische Herzkrankheiten	3,24%	17.237	16.679	-558	-3,24
	Ischämischer Schlaganfall	0,88%	1.862	1.846	-16	-0,88
	Brustkrebs	0,87%	4.667	4.627	-41	-0,87
	Dickdarmkrebs	1,52%	3.091	3.044	-47	-1,52
	Diabetes mellitus Typ II	1,96%	7.479	7.332	-146	-1,96
		Gesamt	34.336	33528	**-808**	**-2,35**
Luftschadstoffe PM 2,5	kardiopulmonale Erkrankungen	-0,41%	7.753	7.785	32	+0,41
	Lungenkrebs	-0,57%	8.227	8.273	47	+0,57
		Gesamt	15.980	16.059	**78**	**+0,49**
Verkehrsunfälle	Fahrradunfälle (YLD)	-13,83%	225	256	31	+13,83
	Fahrradunfälle (YLL)	-0,02%	38,49	38,55	0,006	+0,02
		Gesamt	264	295	**31**	**+11,87**

Folgend werden die Veränderungen der Krankheitslast der einzelnen Gesundheitsdeterminanten eingehender besprochen.

Körperliche Aktivität

Im Bereich „Körperliche Aktivität“ ist im Szenario STEP 2025 mit positiven gesundheitlichen Folgen zu rechnen. Die stärksten Veränderungen sind bei den ischämischen Herzkrankheiten zu verzeichnen. Dieses Erkrankungsbild hat in Österreich den größten Anteil an DALYs sowie an verlorenen Lebensjahren (YLL) aufgrund von vorzeitigem Ableben (vgl. URL7). Daher ist eine Reduktion in der Krankheitslast dieser Erkrankungen (-3,24%) besonders positiv zu bewerten. Zudem ist die -1,96%ige Reduktion der DALYs aufgrund von Diabetes mellitus Typ II hervor zu heben, da die Anzahl der DALYs dieser Erkrankung seit 1990 den stärksten prozentuellen Zuwachs im Vergleich zu anderen Erkrankungen zu verzeichnen hat (vgl. URL7). Laut einer Studie von Lee et al. (2012) trägt Bewegungsmangel der österreichischen Bevölkerung zu 10% der Krankheitslast der Erkrankungen Brustkrebs und Dickdarmkrebs bei und ist für etwa 9% der Gesamtmortalität verantwortlich (vgl. Lee et al. 2012: 17). Die Krankheitslast in Bezug auf Brust- und Dickdarmkrebs reduziert sich im Szenario um -0,87% respektive -1,52%. In Summe reduziert sich im Szenario STEP 2025 die Krankheitslast von Erkrankungen die mit Bewegungsmangel assoziiert werden um -2,35%. Die stärkere Verbreitung körperlicher Aktivität in der Bevölkerung im Szenario STEP 2025 ist somit insgesamt als positiv zu betrachten.

Luftschadstoffe

Im Szenario STEP 2025 ist eine Steigerung von 0,49% der negativen gesundheitlichen Folgen durch Feinstaubbelastung (PM 2,5) zu beobachten **(+78 YLL**). Dies zeichnet sich durch Zuwächse von YLL in der Krankheitslast von Lungenkrebs und kardiopulmonalen Erkrankungen ab. In Bezug auf verlorene Lebensjahre aufgrund vorzeitiger Sterblichkeit in Österreich steht Lungenkrebs an zweiter Stelle. Zudem ist gegenüber 1990 eine 15%ige Steigerung von chronisch obstruktive Lungenerkrankung (zu kardiopulmonalen Erkrankungen zu zählen) zu verzeichnen (vgl. URL7). Vor diesem Hintergrund sind auch die geringen Zuwächse der Krankheitslast im Szenario STEP 2025 negativ zu werten. Dennoch muss in diesem Kontext festgehalten werden, dass in den Berechnungen dieselbe PM 2,5-Konzentration bei Radwegen wie bei MIV-Wegen verwendet wurde. In der Praxis haben Radrouten nicht immer denselben Streckenverlauf wie MIV-Wege. Messungen von Pfaffenbichler in Wien zeigen, dass die PM 2,5-Konzentration in verkehrsberuhigten Gegenden signifikant niedriger ist als in verkehrsstarken Gebieten. Die Unterschiede bewegen sich im Bereich von -10% bis -30%. Aufgrund der geringen Zahl der Messungen von Pfaffenbichler ist der direkte Vergleich allerdings nur eingeschränkt aussagekräftig. Dennoch besteht in diesem Bereich Potential zur Reduktion der Gesundheitsrisiken gegenüber Luftschadstoffen für FahrradfahrerInnen (vgl. Pfaffenbichler 2011: 93).

Eine Berechnung mit niedrigeren Werten der PM 2,5-Konzentration für RadfahrerInnen zeigt, dass sich die Krankheitslast aufgrund von Luftschadstoffen im Szenario STEP 2025 um **20 DALYS** reduziert.

Verkehrsunfälle

Im Szenario STEP 2025 zeigt sich eine höhere Verunglücktenrate von RadfahrerInnen gegenüber dem MIV. Es ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Unfälle von RadfahrerInnen aufgrund der Dunkelziffer nicht gemeldeter Radunfälle noch höher ist. Die Abschätzungen im Szenario STEP 2025 zeigen vor allem aufgrund zunehmender Verletzungen durch Radunfälle einen Anstieg der DALYs (+13,83%)**.** Die Angaben zu den Verletzten entsprechen der Differenz zu der Anzahl tödlich verunglückter RadfahrerInnen. Aufgrund des geringen Vorkommens tödlich verunglückter RadfahrerInnen im Basisjahr 2010 gibt es im Szenario keinen nennenswerten Veränderungen. Das ist mit ein Grund, warum trotz hohem prozentuellen Zuwachs (+11,82%), die Anzahl der DALYs relativ gering ausfällt. In diesem Kontext sei darauf hingewiesen, dass die Anzahl der DALYs aufgrund von Straßenverkehrsunfällen in Österreich die größte prozentuelle Abnahme (67,1 %) seit 1990 zu verzeichnen hat (vgl. URL7). Beobachtungen der vergangenen Jahre betreffend Wien zeigen eine abfallende Verunglücktenrate von RadfahrerInnen mit steigendem Radverkehrsanteil. Dementsprechend kann man auf eine positive Entwicklung der Verunglücktenrate von RadfahrerInnen zurückblicken.

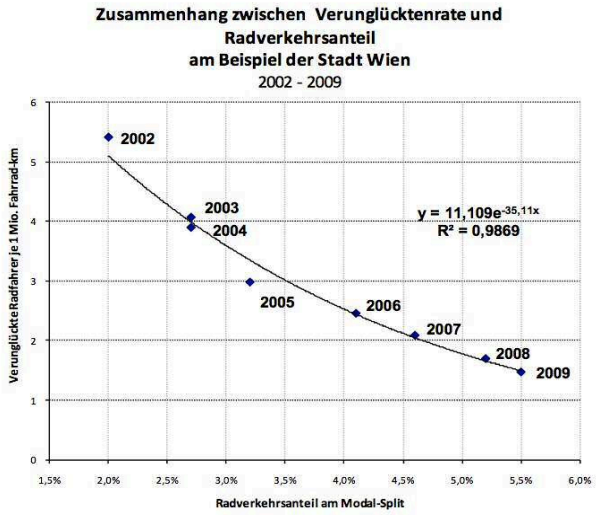
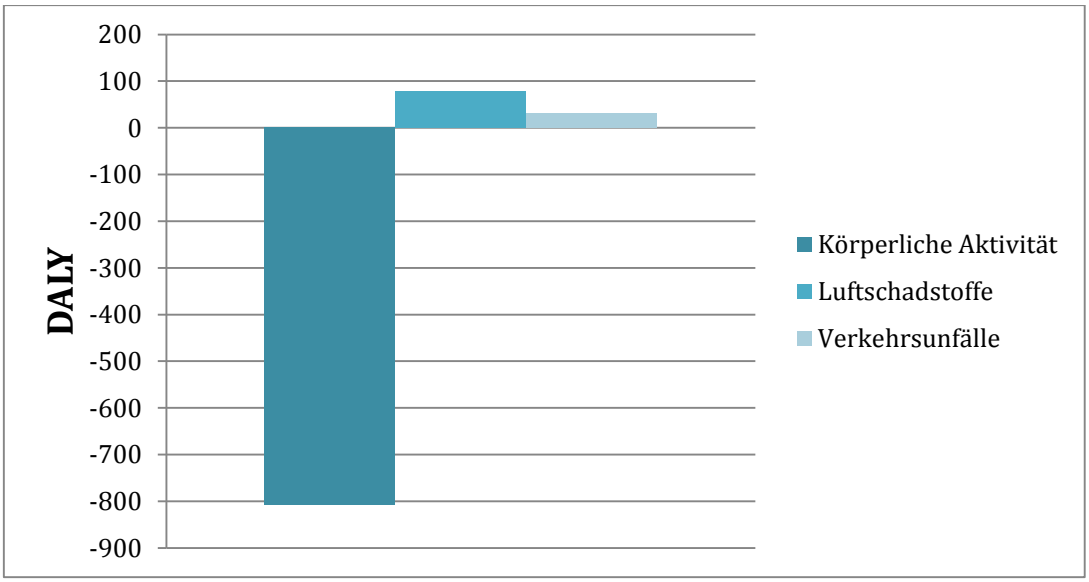


Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Verunglücktenrate und Radverkehrsanteil am Beispiel der Stadt Wien (vgl. Pfaffenbichler 2011: 20)

Nach abschließender Betrachtung der Gesundheitsauswirkungen anhand der Gesundheitsdeterminanten kann festgehalten werden, dass die positiven Effekte aufgrund körperlicher Bewegung den negativen Folgen von Luftschadstoffen (PM 2,5) und von Radverkehrsunfällen bei weiten überliegen (Tab. 20).

Tabelle 20: Veränderung der Krankheitslast im Szenario STEP 2025 (eigene Darstellung)



In aggregierter Form zeigt sich eine Netto-Reduktion von **-699 DALYs** (Tab. 21). Dementsprechend ist auf Basis der Abschätzungen der Gesundheitsfolgen einer wachsenden Fahrradnutzung im Szenario STEP 2025 mit positiven gesundheitlichen Folgen zu rechnen.

Tabelle 21: Netto-Veränderung der gesamten Krankheitslast in DALYs (eigene Darstellung, gerundete Angaben)

	Basisjahr 2010	Szenario STEP 2025	Veränderung		Pro Million EinwohnerInnen
			absolut	%	
DALY	50.580	49.882	-699	-1,38%	-595

5.2.4.1 Ergebnisse im Vergleich zu anderen Studienergebnissen

Eine Gegenüberstellung der konkreten Ergebnisse der vorliegenden Masterarbeit mit anderen Studienergebnissen in diesem Bereich ist, angesichts der unterschiedlichen Herangehensweisen und Annahmen sowie der Eigenschaften der Ausgangsdaten aufgrund der spezifischen Rahmenbedingungen in anderen Städten, bedingt aussagekräftig. Die Anwendung unterschiedlicher Risikoschätzer und uneinheitlicher Modellierungsansätze, führen zu schwer vergleichbaren Endresultaten. Tab. 22 verdeutlicht die Schwankungsbreite bestehender Studien in Hinblick auf die DALY Netto-Reduktion pro Million EinwohnerInnen.

Tabelle 22: Fallbeispiele der Netto-Reduktion DALY bestehender Studien (eigene Darstellung)

Studie	**Annahme/Ausgangslage**	**Gesundheits-determinanten**	**Studiengruppe /Ort**	**DALYs pro Million EinwohnerInnen**
Holm et al. 2012 *(Kopenhagen)*	1/3 aller Wege zur Arbeit oder Ausbildung werden in Kopenhagen mit dem Rad zurück gelegt. Ziel der Stadt ist es, bis zu im Jahr 2015 diesen Anteil auf 50% zu steigern.	- Körperliche Aktivität - Luftschadstoffe [a] - Verkehrsunfälle	437.000 Personen die täglich pendeln (15-69 Jahre)	-43
Rojas-Rueda et al. 2013 *(Barcelona)*	Eine 40%ige Reduktion aktueller MIV-Wege substituiert durch öffentlichen Verkehr und Radfahren.	- Körperliche Aktivität - Luftschadstoffe [a & b] - Verkehrsunfälle	3.231.458 EinwohnerInnen im Großraum Barcelona (16-64 Jahre)	-93
Woodcock et al. 2013 *(England, Wales)*	Vision 1: Der Anteil des zu Fuß gehen und des Radfahrens ist ähnlich wie in holländischen urbanen Räumen. Die Autonutzung ist ähnlich niedrig wie in London.	- Körperliche Aktivität - Luftschadstoffe [a & b] - Verkehrsunfälle	Städtische Gebiete in England und Wales (außer London) (0-99 Jahre)	-3774
	Vision 2: Förderung von sozialer Nachhaltigkeit mit gesteigerter sozialer Inklusion und sozialer Gerechtigkeit. Höhere Anteile Fuß und Rad als in Vision 1. Nur 5% MIV Anteil am Modal Split. Der öffentliche Verkehr deckt den größten Teil des Mobilitätsbedarfs ab.	- Körperliche Aktivität - Luftschadstoffe [a & b] - Verkehrsunfälle	Städtische Gebiete in England und Wales (außer London) (0-99 Jahre)	- 6106
Masterarbeit *(Wien)*	35%ige Reduktion der täglichen MIV-Wege im Jahr 2025 gegenüber 2010, substituiert durch Radverkehr (2/3 der Wege) und öffentlichen Verkehr (1/3 der Wege)	- Körperliche Aktivität - Luftschadstoffe [a] - Verkehrsunfälle	1.173.961 Personen (20-69 Jahre)	-595

[a] Wirkungsweise Luftschadstoffe bei RadfahrerInnen
[b] Wirkungsweise Luftschadstoffe in der gesamte Bevölkerung

Gemeinsamkeit der Studien ist, dass die zusätzliche körperliche Bewegung die größten gesundheitlichen positiven Auswirkungen mit sich bringt.
Pfaffenbichler untersuchte 2011 im Rahmen des Projekts „BikeRisk“ die Risiken des Radfahrens im Alltag. Auf Basis unterschiedlicher Szenarien wurden gesundheitliche Auswirkungen des Radfahrens gegenüber der Pkw-Nutzung modelliert. Dabei berücksichtigt Pfaffenbichler

vor allem Unterschiede im Mobilitätsverhalten einzelner Bevölkerungsgruppen in Österreich im Detail. Gesundheitliche Folgen werden in der Studie per gewonnener oder verlorener Lebenszeit (Monaten/Wochen) dargestellt und können somit nicht mit den Ergebnissen der vorliegenden Masterarbeit verglichen werden. Die Tendenzen der gesundheitlichen Auswirkungen in den Gesundheitsdeterminanten körperliche Bewegung, Luftschadstoffe (PM 2,5) und Verkehrsunfälle stimmen jedoch mit jenen der Masterarbeit überein.

5.2.5 Diskussion der Auswertung

In den folgenden Absätzen werden die Ergebnisse und Annahmen der Auswertung in einem größeren Kontext dargelegt. Um quantitative Resultate abbilden zu können, nehmen die angewendeten Methoden zur Abschätzung der Ergebnisse Vereinfachungen vor. Vor diesem Hintergrund werden die Ergebnisse der Masterarbeit diskutiert, um etwaige Unsicherheiten zu klären und Potentiale zu besprechen.

Die Auswertungen der gesundheitlichen Folgen im Szenario STEP 2025 beruhen auf der Annahme einer deutlichen Zunahme des Radverkehrsanteils in Wien. Zum Potential einer Steigerung des Wiener Radverkehrsanteils liefert die Radverkehrserhebung Wien 2010 folgende Gegenüberstellung (Abb. 22).

	Wien	München	Berlin	Hamburg	Köln
Fläche [km²]	415	310	892	755	405
Einwohner	1,7 Mio.	1,4 Mio.	3,4 Mio.	1,8 Mio.	1 Mio.
Einwohnerdichte [EW/km²]	4.096	4.391	3.863	2.351	2.463
Radverkehrsnetz [km]	1.100	1.200	660	1.800	2.000
Radverkehrsanteil [%]	5,5	14	12	12	16
ÖV-Anteil [%]	35	21	26	19	20
Umweltverbund [%]	68	63	69	57	58
IV-Anteil [%]	32	37	31	43	42
Jahresmittel-temperatur [°C]	11,0	9,1	9,6	9,4	10,4
Jahresniederschlag [mm]	900	959	618	790	803
Pkw/1.000 EW	390	545	360	474	477

Abbildung 22: Radverkehrsanteil in Wien 2009 im Vergleich zu anderen Städten (MA 18 2011: 72; veränderte Darstellung)

„Der Radverkehrsanteil in Wien ist vergleichsweise noch sehr niedrig. Wie andere mitteleuropäische, strukturelle vergleichbare Städte zeigen, könnte der Radverkehr in Wien mit entsprechenden fördernden Maßnahmen deutlich stärker sein“ (MA 18 2011: 72). Entsprechend der Abb. 22 liegt der angenommene Zuwachs des Radverkehrsanteils im Szenario STEP 2025 in einem realistischen Ausmaß. Die Annahme, dass in den Berechnungen die wachsende Anzahl an Radwegen großteils durch neue RadfahrerInnen getätigt werden, stützt sich auf eine vergleichende Analyse mit anderen Fahrradstädten aus der Radverkehrserhebung Wien 2010. Schlussfolgernd wird festgehalten, „dass zusätzliche Fahrradfahrten jener Personen, die bereits jetzt das Fahrrad benutzen, ein eher geringes Potential darstellen. Erforderlich ist es hingegen, neue Nutzer für das Fahrrad zu gewinnen“ (MA 18 2011: 68).

5.2.5.1 Körperliche Aktivität

Die Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der zusätzlichen körperlichen Aktivität im Szenario STEP 2025 mit positiven gesundheitlichen Folgen zu rechnen ist.
In der Auswertung körperlicher Aktivität wurde bei zusätzlichen RadfahrerInnen im Szenario STEP 2025 ein Aktivitätsniveau von unter 150 Minuten/Woche angenommen. Diese Gruppe war demnach im Basisjahr als „insufficiently active" kategorisiert und ist im Szenario STEP 2025 aufgrund des höheren Bewegungsniveaus zu der Kategorie „sufficiently active" zu zählen. Wird die Verteilung des körperlichen Aktivitätsniveaus „sufficiently active" der österreichischen Bevölkerung auf die zusätzlichen RadfahrerInnen angewendet, reduzieren sich die positiven gesundheitlichen Effekte in der Gruppe der täglichen RadfahrerInnen um 38%. Dem ist entgegen zu halten, dass in den Berechnungen Personen, die mehrmals pro Woche Wege mit dem Rad zurücklegen, nicht enthalten sind. Entsprechend der Angaben von Statistik Austria waren das im Jahr 2011 rund 13 % der Wiener Bevölkerung (vgl. Tab 28 im Anhang). In diesem Zusammenhang ist zu betonen, dass gemäß der Dosis-Wirkungskurve (Abb. 23) gesundheitliche Auswirkungen von Bewegung nicht bedingungslos an den Schwellenwert von 150 min/Woche gebunden sind.
Die Berechnungen der Masterarbeit waren an die dreiteilige Kategorisierung[37] körperlicher Aktivitätslevels von Bull et al. (2004) gebunden. Dementsprechend wurden die gesundheitlichen Auswirkungen von Bewegungsniveaus die unter dem Schwellenwert von 150 min/Woche nicht erfasst. Somit stellen die Endresultate eine konservative Abschätzung gesundheitlicher positiver Effekte aufgrund körperlicher Bewegung durch vermehrtes Radfahren im Szenario STEP 2025 dar.

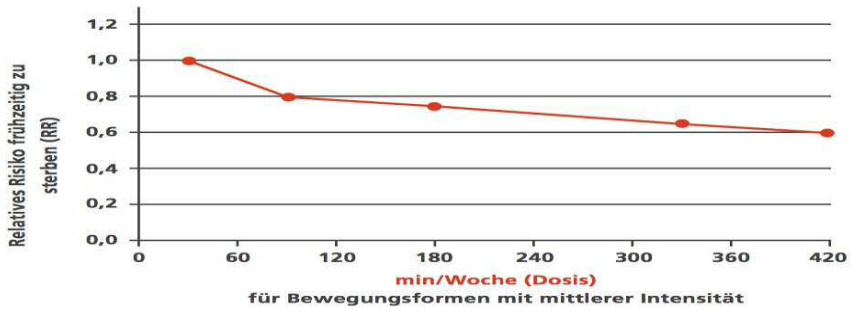


Abbildung 23: Zusammenhang zwischen Bewegungsdosis und Gesamtsterblichkeit (vgl. Titze 2012: 17, nach U.S. Department of Health and Human Services 2008)

Studien zeigen, dass das Niveau körperlicher Aktivität in der Bevölkerung durch Förderung aktiver Personenmobilität am effektivsten gefördert werden kann (vgl. WHO 2011: 28f). Im Rahmen des Grazer EU-Projekts GOAL (Gesund Ohne Auto und Lärm) wurde 2003 für etwa 100 Personen ein 12-wöchiges Bewegungsprogramm für den Alltag entwickelt, welches aktive Personenmobilität anstelle des motorisierten Individualverkehrs fördern sollte. Die untersuchte Studiengruppe hatte im selben Jahr eine Gesundenuntersuchung absolviert und die

[37] inactive = wenig Bewegung/Woche, insufficiently active = weniger als 150min/Woche, sufficiently active = mehr als 150min/Woche

Diagnose „Bewegungsmangel“ attestiert bekommen. Den TeilnehmerInnen wurde ein Bewegungspensum von 30 min/Tag nahe gelegt (vgl. GOAL 2003: 76ff). Um Veränderungen quantitativ zu messen, wurden zu Beginn und am Ende des Programms Fitnesstests durchgeführt. Ergänzend dazu wurden mündliche Interviews durchgeführt. Auszüge der Ergebnisse der Studie sind wie folgt:
Bei 75% der TeilnehmerInnen haben sich die Fitnesswerte innerhalb der 12 Wochen messbar verbessert. Laut den Ergebnissen der Interviews fühlten sich 52% der TeilnehmerInnen nach Ende des 12-wöchigen Programmes gesünder und körperlich leistungsfähiger (vgl. Umweltamt Graz 2003: 80f). 61% der Personen, die an dem 12-wöchigen Programm teilnahmen, gaben an ihre Aktivitäten individuell auch nach Beendigung des Programms fortgesetzt zu haben. Abermalige Tests nach einem Jahr zeigten, dass die Fitnesswerte dieser Personen sich stabilisierten und teilweise sogar noch weiter verbesserten (vgl. Umweltamt Graz 2003: 84).
Die Forderung regelmäßige körperliche Aktivität als Präventivmaßnahme zur Steigerung von Gesundheit in den Alltag zu integrieren, findet sich auch in den 2013 beschlossenen Rahmen-Gesundheitszielen Österreichs wieder. „Regelmäßige körperliche Aktivität beeinflusst Gesundheit grundlegend und nachhaltig positiv. Sie beugt vielen chronischen Krankheiten vor und begünstigt psychisches und körperliches Wohlbefinden. Ziel ist deshalb, ausreichend Bewegung in den Alltag zu integrieren, wofür die Lebenswelten inklusive Infrastruktur (wie Radwege, Spielplätze, Schulwege und Pausenräume) so gestaltet sein müssen, dass sie Bewegung ermöglichen und dazu anregen“ (BMG 2012: Ziel 8). Diese Verzahnung verdeutlicht die Schnittstellen von Stadtplanung und Mobilität mit Gesundheit. Die Bedeutung regelmäßige Bewegung in den Alltag zu integrieren, wird zunehmend wahrgenommen. Aktive Personenmobilität bietet dafür eine geeignete Möglichkeit. Eine Infrastruktur der kurzen Wege zur Förderung der Nahmobilität und damit von regelmäßiger Bewegung, ist Teil des Fachkonzeptes Mobilität (vgl. MA 18 2015: 32). Folglich ist mit einem größeren Mehrwert zu rechnen, als aus der diesbezüglichen Abschätzung des Szenario STEP 2025 her vor geht.

5.2.5.2 Luftschadstoffe

In Hinblick auf Wechselwirkungen gegenüber Luftschadstoffen und deren gesundheitlichen Auswirkungen, besteht bezüglich Feinstaubbelastung (PM 10 & PM 2,5) das reichhaltigste Studienangebot von Dosis-Wirkungs-Funktionen. Die Abschätzungen gesundheitlicher Folgen aufgrund von Luftschadstoffen wurden anhand von Feinstaubbelastungen (PM 2,5) durchgeführt. Eine kombinierte Abschätzung der gesundheitlichen Folgen einer Feinstaubbelastung von PM 10, ist aufgrund von Überschneidungen der Auswirkungen nicht zulässig (vgl. WHO 2013b: 42).
Die Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der höheren Vulnerabilität von RadfahrerInnen gegenüber dem MIV in Bezug auf Luftschadstoffe (PM 2,5) im Szenario STEP 2025 mit negativen gesundheitlichen Folgen zu rechnen ist. Dieser Umstand ergibt sich durch das höhere Atemvolumen bei körperlicher Bewegung, der längeren Verweildauer im Straßenverkehr und vor allem aus der Feinstaubkonzentration. In diesem Zusammenhang besteht das Potential, dass sich die negativen gesundheitlichen Effekte verringern wenn die Radwege durch verkehrsberuhigte Gebiete verlaufen und RadfahrerInnen damit nicht den direkten Straßenverkehrsemissionen ausgesetzt sind. Laut Fachkonzeptes Mobilität ist eine Verbesserung des Angebotes und der Qualität der Radinfrastruktur in Wien geplant (vgl. MA 18 2015: 118). In Kombination mit der Verringerung des motorisieren Individualverkehrs ist damit zu rechnen, dass die negativen Folgen durch Feinstaubelastung für RadfahrerInnen geringer ausfallen als im Szenario STEP 2025.

Potentielle gesundheitliche Auswirkungen für die gesamte Wiener Bevölkerung aufgrund der Verringerung von Feinstaubemissionen durch entfallene MIV-Wege wurden nicht abgeschätzt. Eine aktuell laufende Studie (ClimBhealth[38]) ermittelt im Rahmen ihrer Forschung gesundheitliche Folgen für die Bevölkerung durch eine Verringerung der Feinstaubemissionen aufgrund reduzierten MIV in den österreichischen Städten Graz, Wien und Linz. Die Ergebnisse lagen zur Zeit der Fertigstellung der Masterarbeit leider noch nicht vor.
Um dementsprechende stichhaltige Ergebnisse zu liefern ist die Anwendung komplexer mathematischer Modellierungen der Ausbreitung von Luftschadstoffen von Nöten. Entsprechende Auswertungen von Rojas-Rueda et al. (2013) zeigen für die Bevölkerung von Barcelona geringe positive Gesundheitsfolgen aufgrund reduzierter Feinstaubkonzentration durch ein 40% Verringerung der MIV-Wege. Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf andere Städte ist unsicher, da für solche Einschätzungen etliche lokale Faktoren, wie z.B. lokale Wetterbedingungen eine Rolle[39] spielen. Zudem sind neben dem Verkehrssektor auch andere Bereiche (z.B.: Industrie) und Faktoren (nicht anthropogene Verursacher) für die Konzentration von Feinstaubpartikeln in der Luft verantwortlich.
In Bezug auf die Feinstaubkonzentration ist der in Wien produzierte Anteil von 25% relativ gering. Der restliche Anteil kommt durch Ferneintrag zustande (vgl. MA 18 2013: 24). Nichtsdestotrotz muss festgehalten werden, dass der Straßenverkehr mit einem Anteil von 49% im Jahr 2010 zu den Hauptverantwortlichen der in Wien produzierten Feinstaubemissionen zählt (vgl. UBA 2012a: 152).

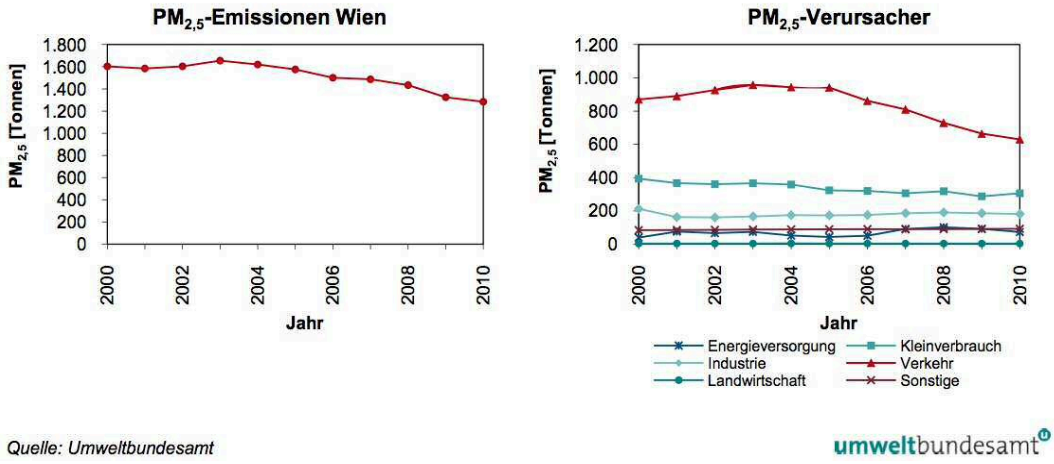


Abbildung 24: PM 2,5-Emissionen Wien, nach Sektoren (vgl. UBA 2012a: 152)

Dieselfahrzeuge haben in diesem Kontext ein deutlich größeres Emissionspotential als benzinbetriebenen Kraftfahrzeuge[40]. Eine Reduktion des sehr hohen Diesel-Pkw-Anteils in Wien würde die Emissionssituation bei Feinstaub entschärfen (vgl. MA 18 2013: 26).
Neben der Feinstaubbelastung stellen auch andere Luftschadstoffe des Straßenverkehrs eine Quelle für Gesundheitsrisiken dar. In diesem Zusammenhang sind Stickstoffoxide (Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2) zu nennen. NO_2 greift vorwiegend die Atemsysteme

[38] http://climbhealth.ccca.at (Zugriff 19.10.2015)
[39] Wetter, unterschiedliche Emissionsquellen, Flottenzusammensetzung, Street Canyon Effect (vgl. Rojas-Rueda et al. 2013: 576)
[40] http://www.tuwien.ac.at/fileadmin/t/t-transfer/Dokumente/Firmenservice_fuer_Untern/Auto.Mobil/Kfz-Verkehr_als_Feinstaubquelle.pdf (Zugriff 17.10.2015)

an. Dementsprechende Gesundheitsauswirkungen äußern sich in einer Beeinträchtigung der Lungenfunktionen bei vulnerablen Personengruppen (bei kurzfristigen Expositionen) sowie einer wachsende Anfälligkeit von Atemwegsinfektionen durch Langezeitbelastungen in der gesamten Bevölkerung. Zusätzlich zeigen Untersuchungen steigende Symptome von Bronchitis und Asthma bei Kindern bei Langzeitbelastungen von NO_2 (vgl. EEA 2013b: 35).
Ebenso wie bei den Feinstaubemissionen, zählt der Straßenverkehr bei den Stickoxiden zu den Hauptverursachern in Österreich. Den größten Anteil daran haben schwere Nutzfahrzeuge und Diesel-Pkw. Mögliche Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen sind etwa Geschwindigkeitsreduktionen auf Autobahnen und Landstraßen, Anreize zur schnelleren Flottenerneuerung des Kfz-Bestandes sowie Reduktion der Verkehrsstärke oder Fahrbeschränkungen[41].
Laut Künzli et al. können in Österreich 21.000 Fälle von Bronchitis-Erkrankungen, 1.500 Fälle von Krankenhauseinlieferungen aufgrund von Atemwegserkrankungen, 15.000 Fälle von Asthma-Attacken und 2.400 Fälle vorzeitiger Sterblichkeit auf Luftschadstoffe des Straßenverkehrs zurückgeführt werden (vgl. Künzli et al 2000: 799).

Vor diesem Hintergrund ist zu vermuten, dass eine Verringerung des motorisierten Individualverkehrs in Wien zu einer Verbesserung des Gesundheitszustandes der Bevölkerung führt.

5.2.5.3 Verkehrsunfälle

Radverkehrsunfälle nehmen in der Diskussion zur Förderung des Radfahrens einen wichtigen Stellenwert ein. In Österreich ist das Argument der geringeren Verkehrssicherheit von RadfahrerInnen gegenüber anderen Fortbewegungsarten für ein Drittel der Befragten ausschlaggebend, um die Nutzung des Fahrrads als tägliches Verkehrsmittel zu unterlassen (vgl. BMVIT 2010: 312). Gemäß den beobachteten Verkehrsunfalldaten von 2010 in Wien, haben RadfahrerInnen im Vergleich zum MIV höhere Verunglücktenraten pro einer Million Kilometer. Die Berechnungen im Szenario STEP 2025 gehen von einem linearen Zusammenhang von Verkehrsunfallsrisiko und zurückgelegter Strecke aus. Dementsprechend steigen die Fälle verunglückter RadfahrerInnen im Szenario STEP 2025.
Dem ist entgegen zu halten, dass Studienergebnissen zu Folge die Verunglücktenraten der RadfahrerInnen und FußgeherInnen mit wachsendem Anteil aktiver Personenmobilität sinken. Dieser Effekt ist unter der Bezeichnung „Safety in Numbers“ bekannt (vgl. Jacobsen 2003: 208). Jacobsen argumentiert, dass die Verbesserung in der Verkehrssicherheit von FußgängerInnen und RadfahrerInnen daraus resultiert, dass sich bei einer größeren Anzahl an RadfahrerInnen sowie FußgängerInnen die Sichtbarkeit im Straßenverkehr erhöht und damit diese Personen von AutofahrerInnen spürbarer wahrgenommen werden (vgl. ebd.). Daher schlussfolgert Jacobsen: „Accordingly, policies that increase the numbers of people walking and bicycling appear to be an effective route to improving the safety of people walking and bicycling“ (Jacobsen 2003: 208).
Bhatia et al. erweitern diese Ursachen-Wirkungskette bzw. stellen diese von den Beinen auf den Kopf. Ihrer Sichtweise nach, stellen Eingriffe in Infrastruktur und Verkehrsorganisation zur Förderung aktiver Personenmöbilität (z.B. verkehrsberuhigte Zonen, Radwege, Begegnungszone, Fußgängerzonen, Geschwindigkeitsbegrenzungen, usw.) die Grundlage dar, dass sich Personen sicher fühlen mit dem Rad zu fahren oder zu Fuß zu Gehen und sich daher der Anteil aktiver Personenmobilität erhöht. Durch diesen Zuwachs und eine stärkere Gewährleistung

[41] vgl. http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/luftguete_aktuell/massnahmen/

der Sicherheit von RadfahrerInnen und FußgängerInnen kommt es laut den AutorInnen letztendlich zu geringeren Unfallraten. „People may be strategically responding to decreasing perceived risks or environmental cues about risks in areas and thus increasing the prevalence of walking behavior in that place. Research demonstrates that walkers have a strong value preference for lower speeds, lower traffic volumes, and greater buffers between pedestrians and motorists. ... Environmental safety will likely increase the number of walkers, creating a virtuous cycle and helping to achieve diverse environmental and health benefits“ (Bhatia et al. 2011: 237 ff). Die AutorInnen betonen damit den Stellenwert, dass bei Maßnahmen zur Förderung aktiver Personenmobilität begleitende Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit von FußgeherInnen und RadfahrerInnen im Straßenverkehr umzusetzen sind.

In diesem Zusammenhang ist auf die Studie von Woodcock et al. (2013) hinzuweisen. Im Rahmen der Modellierung zu reduziertem MIV und zugunsten einer Steigerung aktiver Personenmobilität, setzten sich die ForscherInnen vertiefend mit der Straßenverkehrsunfallthematik auseinander. Im Gegensatz zu anderen Studien (Holm et al. 2012, de Hartog et al. 2010, Woodcock et al. 2009, Maizlish et al. 2013) zeigen die Ergebnisse der Modellierung insgesamt eine Reduktion der Straßenverkehrsunfälle und damit positive gesundheitliche Folgen in den Abschätzungen (auch bei RadfahrerInnen und FußgängerInnen). Diese Ergebnisse erklären sich Woodcock et al. anhand folgender Faktoren, die in der Modellierung berücksichtigt wurden:

- Die Berücksichtigung der Reduktion des Unfallgegners (insbesondere Pkw) sowie eine drastischen Reduktion der zurückgelegten Entfernungen des MIV
- Die Berücksichtigung von nicht-linearen Zusammenhängen von Risiko und gesteigerter zurückgelegter Entfernung (Safety in Numbers)
- Eine Reduktion der gesamten zurückgelegten Wegdistanzen aller Verkehrsmittel (Stadt der kurzen Wege)
- Berücksichtigung von Geschwindigkeitsbegrenzungen für motorisierte Verkehrsmittel
- Berücksichtigung von Änderungen im Güterverkehr
  (vgl. Woodcock et al. 2013: 14)

Damit veranschaulichen Woodcock et al. (2013) neben dem „Safety in Numbers“ Effekt den Stellenwert anderer Einflussgrößen wie etwa Unfallgegner und Geschwindigkeitsbegrenzungen auf die Steigerung der Verkehrssicherheit.
Auf Basis der Ergebnisse wird ersichtlich, dass bei entsprechenden verkehrspolitischen Implementierungen und Infrastrukturmaßnahmen das Potential zu einer Verringerung der Verunglücktenraten in Bezug auf aktive Fortbewegungsmittel besteht. Im Fachkonzept Mobilität ist im Zuge der Verbesserung der Radinfrastruktur eine Steigerung der Verkehrssicherheit für RadfahrerInnen festgeschrieben (vgl. MA 18 2015: 114).

5.2.5.4 Optimierungsmöglichkeiten der Berechnungen gesundheitlicher Folgen im Szenario STEP 2025

Folgend werden ausstehende Berechnungen bzw. relevante Einflussgrößen, die zu einer Optimierung der Abschätzungen der Ergebnisse des Szenario STEP 2025 führen könnten, festgehalten:

- Berechnungen nach unterschiedlichen Altersklassen sowie Geschlecht und deren dementsprechenden Aktivitätsniveaus

- Berechnungen zukünftiger Verkehrsunfälle unter Berücksichtig von verringertem Pkw-Aufkommen im Straßenverkehr und in diesem Kontext die Berücksichtigung der Unfallgegner[42]
- Berücksichtigung weiterer Gesundheitsauswirkungen die mit Straßenverkehr assoziiert werden (z.B. Depression, Demenz, Körpergewicht)
- Berücksichtigung der Gesundheitsdeterminante Verkehrslärm
- Berechnungen gesundheitlicher Folgen für die gesamte Bevölkerung aufgrund reduzierter Emissionen durch verringerten MIV (Lärm, Luftschadstoffe)
- Berücksichtigung demographischer Entwicklungen
- Abschließend sei vermerkt, dass in der Praxis die Bereitschaft von Pkw-LenkerInnen auf das Rad umzusteigen eher gering ist. Viel eher wechseln Personen vom MIV auf den ÖV und bei Attraktivierung des Radverkehrs vom ÖV auf das Rad (vgl. Novak 2006: 149). Dementsprechend müssten die Berechnung des Szenarios STEP 2025 anders aufgezogen werden. Das sollte für die Ergebnisse keine großen Abweichungen zur Folge haben.

Abschließend dazu ist noch zu ergänzen, dass die Ergebnisse des Szenarios STEP 2025 letztendlich von der Verfügbarkeit quantitativer Daten zur Abschätzung gesundheitlicher Folgen abhängig sind. Weitere gesundheitliche Auswirkungen wie etwa durch verringerten Verkehrslärm konnten nicht ermittelt werden[43]. In Wien fühlten sich 2013 29% der Bevölkerung durch Verkehrslärm in ihrem engeren Wohnraum gestört. Zukünftig soll dieser Anteil laut Fachkonzept Mobilität abnehmen (vgl. MA 18 2015: 27).
Überdies wird im Fachkonzept Mobilität die Notwendigkeit der Verkehrsvermeidung durch eine Stadt der kurzen Wege betont. „Ein Schritt zur Erholung, Arbeit und ins Grün“ (MA 18 2015: 32). In diesem Zusammenhang spricht sich das Fachkonzept Mobilität für Nutzungsmischungen und eine Belebung des öffentlichen Raums aus sowie zur Förderung von Nahmobilität und die Erhaltung und Ausweitung großflächiger Erholungsflächen (vgl. MA 18 2015: 32). Die Erhöhung der Attraktivität des öffentlichen Raums durch Schaffung von Grünflächen, Freiräumen und Sitzmöglichkeiten sowie eine Infrastruktur für Rad- und FußgängerInnen reduziert die Exposition gegenüber gesundheitsschädlichen Emissionen des Straßenverkehrs (Luftschadstoffe und Lärm), das Risiko von Verkehrsunfällen und fördert soziale Interaktionen und trägt damit positiv zum mentalen und körperlichen Wohlbefinden bei (vgl. de Nazelle et al. 2011: 775). Entsprechende Forschungen zeigen, dass Gegenden die durch eine höhere Bevölkerungsdichte, Nahversorgungsmöglichkeiten, Grünflächen, sowie Infrastruktur für FußgeherInnen und RadfahrerInnen gekennzeichnet sind, sich positiv auf die physische und psychische Gesundheit der EinwohnerInnen auswirken. Vordergründig deswegen, weil in ansprechenderen öffentlichen Räumen eine größere Bereitschaft zu körperlicher Bewegung gegeben ist (vgl. de Nazelle et al. 2011: 769).

[42] In Österreich waren im Zeitraum 2009 – 2011 bei den RadfahrerInnenunfällen mit tödlichem Ausgang sowie bei Verletzungen jeweils zu etwas mehr als 50% die Unfallgegner Pkw. Etwa 1/3 machen Alleinunfälle mit dem Rad aus (vgl. BMVIT 2010: 150).

[43] Ein zunehmendes Maß an Beweisen assoziiert chronischen lärminduzierten Stress mit einem erhöhten Risiko an Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie negativen Auswirkungen auf die psychische Gesundheit (vgl. WHO 2011: 30f)

Vor diesem Hintergrund soll abschließend festgehalten werden, dass bei Umsetzung der Ziele und Visionen des Wiener Stadtentwicklungsplans 2025 mit insgesamt höheren positiven gesundheitlichen Folgen in der Wiener Bevölkerung zu rechnen ist, als im Szenario STEP 2025 ermittelt wurden.

5.3 Abschätzung der Reduktion von CO2-Emissionen

Zur Abschätzung der Reduktion von CO2-Emissionen im Szenario STEP 2025 stehen die entfallenen MIV-Wege/Jahr (FahrerInnen) im Fokus. Die Reduktion der MIV-Wege (FahrerInnen) bezieht sich auf die Binnenwege der WienerInnen. Damit sind CO2-Emissionen aufgrund des Personenverkehrs mit Ziel- oder Ausgangsort außerhalb Wiens sowie des Güterverkehrs und der Durchfahrten durch Wien nicht enthalten. Die CO2-Emissionswerte des MIV sind in Gramm pro Fahrzeugkilometer angegeben. Die Berechnung erfolgt anhand der Angaben der mittleren Weglänge MIV, des Emissionsfaktors CO2g/FzKm und der entfallenen Wege aufgrund der Änderung im Modal Split Anteil MIV von 31% im Basisjahr 2010 auf 20% im Szenario STEP 2025. Da die Kfz-Flotte in Wien in etwa im gleichen Maße Benzinfahrzeuge sowie Dieselfahrzeuge aufweist[44] wurden die mittleren Angaben zu CO2g/FzKm vom Handbuch für Emissionsfaktoren bezogen (URL6). Zur Ermittlung der CO2-Emissionen werden die normierten Emissionswerte mit der Kfz-Kilometerleistung multipliziert. Daraus ergibt sich die CO2-Emissionshöhe sowie deren Veränderung im Szenario STEP 2025. Auf Basis zukünftiger Prognosen des Emissionsfaktors CO2g/FzKm sowie des Besetzungsgrad/Pkw wurden die Berechnungen anhand unterschiedlicher Konfigurationen dieser Faktoren durchgeführt. Die mittlere MIV-Weglänge bleibt im Szenario STEP 2025 gleich wie im Basisjahr 2010 (Tab. 23). An und für sich müsste die mittlere MIV-Weglänge im Szenario STEP 2025 ansteigen, da kurze Wege durch das Rad oder den ÖV substituiert werden. Zwecks einer vereinfachenden Annahme werden in den Berechnungen die Werte des Basisjahres 2010 verwendet (Tab. 23).

Tabelle 23: Besetzungsgrad, mittlere Weglänge MIV und Emissionsfaktor Pkw (eigene Darstellung)

	Basisjahr 2010	Szenario STEP 2025
Personen-Besetzungsgrad/Pkw	1,32[a]	1,5[b]
Mittlere Weglänge MIV[c]	5,9	5,9
Emissionsfaktor Pkw[d] (CO2 g/FzKm)	165,538	128,610
[a] Wiener Linien 2010, [b] MA 18 2013: 57, [c] MA 18 2013: 32, [d] URL6 vgl. Tab. 42 im Anhang		

Auf Basis der entfallenen MIV-Wege (Fahrer) wurden anhand der Angaben aus Tab. 23 vier Varianten mit unterschiedlichen Arrangements zusammengestellt (Tab. 24):

- Variante 1: *Substitution*
  Besetzungsgrad und Emissionsfaktor entsprechend dem Basisjahr 2010
  Dadurch werden technologische Verbesserungen sowie eine effizientere Nutzung des MIV ausgeschlossen. Dementsprechend zeigt Variante 1 den bloßen Effekt einer Substituierung der MIV-Wege durch Radverkehr (2/3 der Wege) und öffentliche Verkehrsmittel (1/3 der Wege).

[44] Statistik Austria, Kraftfahrzeuge, Kfz-Bestand Österreich 2010, www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/kraftfahrzeuge_-_bestand/index.html (Zugriff 15.10.2015)

- Variante 2: *Substitution plus höherer Besetzungsgrad*
  Besetzungsgrad analog zu STEP 2025, Szenario erhöht, Emissionsfaktor wie Basisjahr 2010
  Damit wird zusätzlich zur Variante 1 der Effekt der Veränderung des Besetzungsgrades isoliert.

- Variante 3: *Substitution plus verringerte Emissionsfaktoren*
  Besetzungsgrad wie im Basisjahr 2010, Emissionsfaktor analog zu STEP 2025 Szenario reduziert
  Dadurch wird der Effekt der Verbesserung des Emissionsfaktors dargestellt.

- Variante 4: *Kombinierte Effekte*
  Besetzungsgrad und Emissionsfaktor analog zu Szenario STEP 2025
  Berechnet die Reduktion an CO2-Emissionen unter Einbezug einer Veränderung des Besetzungsgrades und einer Verbesserung des Emissionsfaktors. Diese Konfiguration entspricht am ehesten den zukünftigen Entwicklungen zur Steigerung des Besetzungsgrades/Pkw sowie den Zielen zur Verbesserung zukünftiger Emissionsfaktoren.

Tabelle 24: Berechnung der Reduktion von CO2-Emissionen im Szenario STEP 2025 anhand der vier Varianten (eigene Darstellung, gerundete Werte)

		Basisjahr 2010	Szenario STEP 2025	Veränderung	
Variante 1 (Besetzungsgrad & Emissionsfaktor Basisjahr 2010)				absolut	%
	MIV-Wege[a] (in 1.000)	1.075	694		
	MIV-Km (in 1.000)	2.315.353	1.493.776		
	CO2 (t)	383.279	247.277	-136.002	-35%
Variante 2 (Besetzungsgrad Sz.STEP 2025 & Emissionsfaktor Basisjahr 2010)					
	MIV-Wege[a] (in 1.000)	1.075	610		
	MIV-Km (in 1.000)	2.315.353	1.314.523		
	CO2 (t)	383.279	217.604	-165.675	-43%
Variante 3 (Besetzungsgrad Basisjahr 2010 & Emissionsfaktor Basisjahr Sz. STEP 2025)					
	MIV-Wege[a] (in 1.000)	1.075	694		
	MIV-Km (in 1.000)	2.315.353	1.493.776		
	CO2 (t)	383.279	192.115	-191.164	-50%
Variante 4 (Besetzungsgrad & Emissionsfaktor Sz. STEP 2025)					
	MIV-Wege[a] (in 1.000)	1.075	610		
	MIV-Km (in 1.000)	2.315.353	1.314.523		
	CO2 (t)	383.279	169.061	-214.218	-56%

[a] FahrerInnen

Aus den Berechnungen geht hervor, dass technologische Entwicklungen zur Verbesserung des Emissionsfaktors im Szenario STEP 2025 in höherem Ausmaß zu einer Reduktion an CO2-Emissionen führen, als die effizientere Nutzung des Pkws durch Erhöhung des Besetzungsgrades von 1,32 auf 1,5 Personen/Pkw. Überdies ist die Erweiterung des Reduktionsausmaßes von Variante 1 auf Variante 4 bemerkenswert. Durch die Annahme der Prognosen des verringerten Emissionsfaktors sowie des erhöhten Besetzungsgrades in Variante 4, ergibt sich eine Reduktion von -56% an CO2-Emissionen aufgrund entfallener MIV-Binnenwege gegenüber den

errechneten CO2-Emissionen aus dem Basisjahr 2010. Eine erweiterte Berechnung mit einem Besetzungsgrad von 1,8 Personen/Pkw inkl. der verringerten Emissionsfaktoren zeigt eine Reduktion von -63% der CO2-Emissionen.
Die Ergebnisse zeigen einerseits das Potential der Reduktion an CO2-Emissionen aufgrund substituierter MIV-Wege durch Radverkehr (2/3 der Wege) bzw. ÖV (1/3 der Wege) sowie die Relevanz einer effektiveren Nutzung des motorisierten Individualverkehrs und von technischen Steigerungen zur Verbesserung der Emissionsfaktoren. Folgende Abbildung visualisiert die jeweiligen Abnahmen der CO2-Reduktionen der vier Varianten.

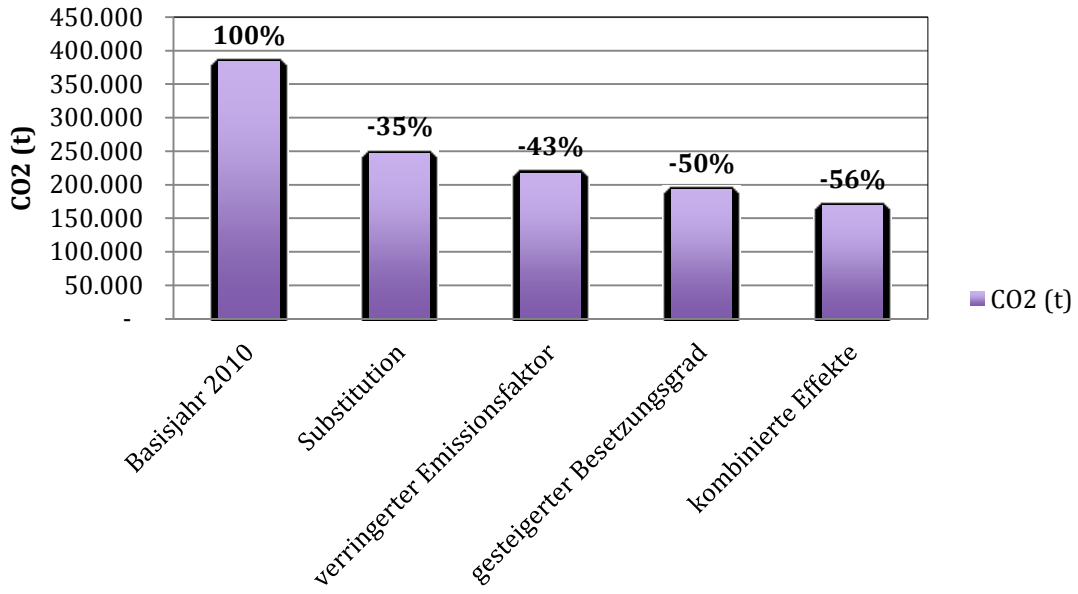


Abbildung 25: Reduktion der CO2-Emissionen entlang der vier Varianten (eigene Darstellung)

5.3.1 Diskussion der Auswertung

Grundsätzlich ist zu den verwendeten Emissionsfaktoren zu sagen, dass die Werte den Abgasen entsprechen, die während des Fahrtbetriebes emittiert werden. Untersuchung zeigen, dass die Emissionen im Straßenverkehr deutlich höher sein können[45]. Folgende Tabelle zeigt die CO2-Emissionen des Straßenverkehrs des Umweltbundesamtes betreffend Wien 2010 und jene der Masterarbeit entsprechend der Berechnungen von Tab. 24. Die Werte des Umweltbundesamtes bilden die CO2-Emissionen aufgrund des Pkw- und Güterverkehrs inklusive des stadtgrenzenüberschreitenden Verkehrs sowie der Durchfahrten durch Wien ab. Die Angaben der Masterarbeit berücksichtigen nur MIV-Wege die innerhalb von Wien zurückgelegt werden.

[45] vgl. www.umweltbundesamt.at/en/hbefa (Zugriff 15.10.2015)

Tabelle 25: CO2-Emissionen Wien 2010 (eigene Darstellung, gerundete Werte)

	Umweltbundesamt „Second Estimate“ (ohne Kraftstoffexporte)	Berechnung der Masterarbeit auf Basis der Emissionsfaktoren des HBEFA
CO2-Emissionen Wien 2010 (1.000t)	1.952[a]	383,28[b]

[a] vgl. UBA 2012: 30; CO2-Emissionen aufgrund des Pkw- und Güterverkehrs (inkl. stadtgrenzenüberschreitenden motorisierten Verkehr und Durchfahren durch Wien)
[b] vgl. Tab. 24; CO2-Emissionen aufgrund der Binnenwege im Wiener Stadtgebiet

In Bezug auf die Auswertungsmethode soll festgehalten werden, dass bei den Ergebnissen des Umweltbundesamtes komplexere und aufwendigere Methoden zur Erhebung der CO2-Emissionen zur Anwendung kommen und damit die ausgestoßenen CO2-Emissionen umfassender abgebildet werden. Die berechneten CO2-Emissionen der Masterarbeit werden dennoch in Bezug auf die Angaben des Umweltbundesamtes diskutiert um sie in eine plausible Relation zu setzen.

Die CO2-Emissionen des gesamten Straßenverkehrs in Wien 2010 betragen laut Umweltbundesamt 1.952 kt CO2 (Tab. 25). Gemäß dem Klimaschutzbericht Österreich entfallen im Jahr 2010 rund 56% der emittierten Treibhausgasemissionen[46] des Straßenverkehrs auf Pkw, Mofa, Busse und Motorräder. Rund 41% werden vom Güterverkehr emittiert und der Rest verteilt sich auf Emissionen aus Bahn-, Schiff- und nationalen Flugverkehr sowie mobile militärische Geräte und Pipelines (vgl. UBA 2012b: 117). Entsprechende Angaben zu Wien sind leider nicht zugänglich. Legt man die Werte des Klimaschutzberichtes auf Wien um, zeigt sich, dass etwas mehr als die Hälfte der Treibhausgase die im Wiener Straßennetz emittiert werden, dem Pkw-Verkehr zugeschrieben werden können. Darin sind, im Vergleich zu den Berechnungen der Masterarbeit, die CO2-Emissionen aufgrund des Pkw-Verkehrs mit Ziel- oder Ausgangsort außerhalb Wiens sowie die Durchfahrten durch Wien enthalten. Diesbezüglich sei darauf verwiesen, dass im Jahr 2010 an Werktagen 79% der 527.500 Personen, die täglich die Wiener Stadtgrenze überqueren, ihre Wege mit dem Pkw[47] zurückgelegt haben[48] (vgl. MA 18 2013: 36). Eine Abschätzung dementsprechender CO2-Emissionen im Wiener Stadtgebiet ist im Rahmen der Arbeit nicht erfolgt und konnte auch nicht von einer externen Quelle bezogen werden.

Gemäß der Abschätzung der Masterarbeit, die sich nur auf die Binnenwege des Wiener Pkw-Verkehrs bezieht, zeigt sich eine Reduktion der CO2-Emissionen von rund minus 56% durch eine Stärkung des Anteils der Fahrradnutzung von 5% auf 12% sowie des Anteils des öffentlichen Verkehrs von 36% auf 40% gegenüber dem Basisjahr 2010. Dies entspricht in etwa einer Reduktion von minus 11% an den gesamten Wiener Straßenverkehrsemissionen des Umweltbundesamtes für Wien 2010.

[46] Der Verkehrssektor umfasst die Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Lachgas. Den weitaus größten Anteil an THG-Emissionen haben CO2-Emissionen (vgl. Abb. 1)
[47] 1,19 Personen pro Fahrzeug (vgl. Rittler 2011: 7)
[48] Die restlichen 21% wurden mit den öffentlichen Verkehrsmittel getätigt (vgl. MA 18 2013: 36)

6 Conclusio

Im Mittelpunkt der Masterarbeit stand die Abschätzung gesundheitlicher Auswirkungen in Folge einer wachsenden Fahrradnutzung sowie von der CO2-Emissionsreduktion durch eine Verringerung des motorisierten Individualverkehrs in Wien. Eine Reduktion des motorisierten Individualverkehrs ist von Bedeutung, da der Straßenverkehr in Wien anteilig zu den größten Verursachern von CO2-Emissionen zählt. Überdies sind im Straßenverkehr seit 1990 die stärksten Zuwächse an THG-Emissionen im Vergleich zu anderen Sektoren zu verzeichnen. Die Bundeshauptstadt hat beschlossen, die CO2-Emissionen des Verkehrssektors bis zum Jahr 2025 um 20% gegenüber 2010 zu senken. Dieses Reduktionsausmaß steht im Einklang mit den Zielen der Europäischen Union zur Verringerung von THG-Emissionen.
Im Kontext urbanen Verkehrs untersucht die Masterarbeit Synergieeffekte zwischen Klimaschutz und einer Verbesserung der Gesundheit. Ausgangspunkt waren die verkehrspolitischen Ziele des Fachkonzepts Mobilität Wien, die eine Stärkung des Radverkehrs und des ÖVs bei gleichzeitiger Abnahme des MIVs vorsehen. Auf dieser Basis wurde ein Szenario erstellt, um gesundheitliche Folgen sowie die Reduktion an CO2-Emissionen abzuschätzen.
In Hinblick auf gesundheitliche Auswirkungen zeigen die Ergebnisse eine Netto-Reduktion von 699 DALYs (Disability Adjusted Life Years) bzw. eine Verringerung von 1,38% der Krankheitslast untersuchter Erkrankungen der WienerInnen zwischen 20 und 69 Jahren. Diese Veränderung ergibt sich durch eine Zunahme des Modal Split Anteils der Fahrradnutzung von 5% auf 12%[49]. Abschätzungen zur Reduktion von CO2-Emissionen zeigen eine Verringerung von 56% der durch Binnenwege der WienerInnen verursachten CO2-Emissionen gegenüber dem Jahr 2010[50&51]. Dies entspricht in etwa einer Reduktion von 11% der gesamten Wiener Straßenverkehrsemissionen 2010.

Eine anteilige Steigerung der Fahrradnutzung hat das Potential, Bewegung in den Alltag zu integrieren und damit das Niveau körperlicher Aktivität in der Bevölkerung anzuheben. RadfahrerInnen sind gemäß den Ergebnissen der Masterarbeit im Vergleich zum MIV im Straßenverkehr einer höheren Vulnerabilität aufgrund von Luftschadstoffen und Verkehrsunfällen ausgesetzt. Dementsprechend ist bei einer Förderung der Fahrradnutzung eine optimale Gewährleistung der Sicherheit von RadfahrerInnen im Straßenverkehr durch Infrastruktur- sowie verkehrspolitischen Maßnahmen umzusetzen. Durch eine gut ausgebaute Radinfrastruktur in verkehrsberuhigten Gebieten wird das Risiko gegenüber Luftschadstoffen sowie Verkehrsunfällen reduziert.

Überdies zeigt urbane Raumplanung, die auf eine starke Durchmischung von Nutzungen (Wohnen, Arbeiten, Einkaufen und Erholen) und damit auf kurze Wege abzielt, den Effekt einer Reduktion des motorisierten Verkehrsaufkommens und gleichzeitig positive Auswirkungen auf das physische und psychische Wohlbefinden der städtischen Bevölkerung. Umso attraktiver der öffentliche Raum wahrgenommen wird, desto mehr steigt die Bereitschaft, aktive Fortbewegungsmittel zu nutzen und sich im öffentlichen Raum aufzuhalten. Eine Förderung diesbezüglicher städtebaulicher Maßnahmen ist laut Fachkonzept Mobilität für Wien

[49] Eine Gegenüberstellung mit anderen mitteleuropäischen, strukturell vergleichbaren Städten zeigt die machbare Umsetzung des Fahrrad Modal Split Anteils in diesem Bereich sowie darüber hinaus (vgl. Abb. 22).
[50] Bei Berücksichtigung eines steigenden Pkw-Besetzungsrads und verbesserten Emissionsfaktoren.
[51] Zwei Drittel der entfallenen MIV-Wege werden durch eine steigende Fahrradnutzung substituiert, der Rest der Wege entfällt auf zunehmenden öffentlichen Verkehr.

vorgesehen. In diesem Zusammenhang ist mit einem höheren Ausmaß an positiven gesundheitlichen Folgen zu rechnen als aus den quantitativen Abschätzungen der Masterarbeit hervorgeht.
Zusammenfassend zeigt die Arbeit, dass eine Verringerung des MIVs und Förderung aktiver Personenmobilität inklusive begleitender Maßnahmen, welche die Attraktivität des öffentlichen Raums steigern, sich positiv auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken und gleichzeitig eine Reduktion von CO2-Emissionen mit sich bringen. Diese Health Co-Benefits durch Klimaschutzmaßnahmen standen im Fokus der Masterarbeit. Eine Berücksichtigung der Effekte von Health Co-Benefits im Klimaschutz hat das Potential, die Realisierung von Klima- sowie Gesundheitszielen zu beschleunigen. Anhand von Health Co-Benefits lassen sich Schnittstellen von klima- und gesundheitspolitischen Programmen offenlegen. Diese Einsicht ermöglicht es, Aussagen über potentielle Kooperationen und Synergieeffekte in der Umsetzung geplanter Maßnahmen zu treffen. In diesem Kontext stellt eine Abschätzung des finanziellen Nutzens der Reduktion von Gesundheitsbelastungen und CO2-Emissionen ein zusätzliches Argument dar. Entsprechende detaillierte Berechnungen hätten den Rahmen dieser Masterarbeit allerdings überschritten[52&53]. Dessen ungeachtet sollte vor dem Hintergrund notwendiger Dekarbonisierungsmaßnahmen zur Verhinderung von Klima-Destabilisierungen sowie der Aussicht auf Verbesserung des Gesundheitszustandes der Bevölkerung, eine Förderung der Fahrradnutzung als Maßnahme mit Doppelt positiver Wirkungsweise rasch umgesetzt werden.

[52] Trunk (2010) beinhaltet dementsprechende Auswertungen mit Wien-Bezug.
[53] Zudem werden diesbezüglich im Forschungsprojekt „ClimBhealth“ monetäre Berechnungen zu verringerten DALYs sowie der Reduktion von CO2-Emissionen erstellt (http://climbhealth.ccca.at/methode/).

7 Quellenverzeichnis

7.1 Web

URL1:
http://www.smartcities.at/begleitmassnahmen/smartcitiesnet/
(Zugriff14.9.2015)

URL2:
http://www.elisabethinen.or.at/fileadmin/user_upload/Downloads/Gastroenterologie/diabetes_mellitus.pdf
(Zugriff 30.11.2014)

URL3:
http://www.healthdata.org/gbd/data
(Zugriff 10.12.2014)

URL4:
http://www.kfv.at/unfallstatistik/index.php?id=65&no_cache=1&cache_file=kfv_nav_cache.html&report_typ=Wien&kap_txt=Fußgänger+und+Radfahrer&tab_txt=Allgemeine+Unfallzahlen+von+Radfahrern
(Zugriff 10.11.2014)

URL5:
http://www.kfv.at/unfallstatistik/index.php?id=65&no_cache=1&cache_file=kfv_nav_cache.html&report_typ=Wien&kap_txt=Fußgänger+und+Radfahrer&tab_txt=Allgemeine+Unfallzahle
(Zugriff 10.11.2014)

URL6:
http://www.hbefa.net/e/index.html
(Zugriff 12.10.2015)

URL7:
http://www.healthdata.org/austria
(Zugriff 14.10.2015)

7.2 Literatur

AEA - Austrian Energy Agency. Österreichische Energieagentur, 2012: Fortschrittsbericht über die Umsetzung des Klimaschutzprogramms (KliP) der Stadt Wien, Stand August 2012

Andersen L B, Schnohr P, Schroll M, Hein H O. 2000. All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports, and cycling to work. Archives of Internal Medicine 160: 1621–1628

Barendregt J J, Veerman J L. 2010. Categorical versus continuous risk factors and the calculation of potential impact fractions. J Epidemiol Community Health 2010

Bhatia R, Wier M. 2011. “Safety in numbers” re-examined: can we make valid or practical inferences from available evidence? Accident Analysis and Prevention 2011;43: 235-40. Elsevier 2011

BMG - Bundesministerium für Gesundheit. 2012. Rahmen-Gesundheitsziele Österreich. Richtungsweisende Vorschläge für ein gesünderes Österreich. Wien 2012
http://www.gesundheitsziele-oesterreich.at/wp-content/uploads/2014/10/rahmen-gesundheits-ziele_240512.pdf (Zugriff 24.7.2015)

BMVIT - Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. 2014. FTI-politische Roadmap zur Ausrichtung der FTI Maßnahmen „Mobilität der Zukunft" im Themenfeld „Personenmobilität innovativ gestalten". AIT Austrian Institute of Technology GmbH 2014

BMVIT - Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. 2010. Der Radverkehr in Zahlen. Wien 2010

Bull F C, Armstrong T P, Dixon T, et al. . 2004. Physical inactivity (Chapter 10). In: Ezzati M, Lopez A D, Rodgers A, et al., eds. Comparative Quantification of Health Risks. WHO, Geneva, 2004

Cohen A J, Anderson R, Ostra B, et al. Urban air pollution (chapter 17). In: Ezzati M, Lopez A D, Rodgers A, et al., eds. Comparative Quantification of Health Risks. WHO, Geneva, 2004

Costello A, Abbas M, Allen A, et al. Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. Lancet 2009; 373: 1693–733.

De Hartog J J, Boogaard H, Nijland H, Hoek G. 2010. Do the health benefits of cycling outweigh the risks? Environ Health Perspect;118:1109-16. Supplemental Material is available online (doi:10.1289/ehp.0901747 via http://dx.doi.org/).

De Nazelle A, Nieuwenhuijsen M, Antó J, Brauer M, Briggs D, Braun-Fahrlander C, Cavill N, Cooper A, Desqueyroux H, Fruin S, Hoek G, Panis L, Janssen N, Jerrett M, Joffe M, Andersen Z, Kempen E, Kingham S, Kubesch N, Leyden K, Marshall J, Matamala J, Mellios G, Mendez M, Nassif H, Ogilvie D, Peiró R, Pérez K, Rabl A, Ragettli M, Rodríguez D, Rojas D, Ruiz P, Sallis J, Terwoert J, Toussaint J, Tuomisto J, Zuurbier M, Lebret E. 2011. Improving health through policies that promote active travel: A review of evidence to support integrated health impact assessment. Environment International, 37; 2011, pp. 766–777

EEA - European Environment Agency. 2013a. A closer look at urban transport. TERM 2013: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. EEA Report No11/2013. European Union

EEA- European Environment Agency. 2013b. Environment and human health. Joint EEA-JRC Report No5/2013. European Union

Elmadfa I, et al. 2012. Österreichischer Ernährungsbericht 2012. 1. Auflage, Wien

Europäische Kommission. 2011. Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO_2-armen Wirtschaft bis 2050. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Brüssel 2011

Ezzati M, Lopez A, Rodgers A, Murray C. 2004. Comparative quantification of health risks. Global and regional burden of disease attributable to selected risk factors. Geneva World Health Organization, 2004.

Fischer-Kowalski M, Haberl H, Hüttler W, Payer H, Schandl H, Winiwarter, V, Zangerl-Weisz H. 1997. Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie. Amsterdam: Gordon & Breach Verlag Fakultas, 1997.

Fischer-Kowalski M, Weisz H. 1998. Gesellschaft als Verzahnung materieller und symbolischer Welten. In: Brand, Karl-Werner (Hrsg.): Soziologie und Natur. Theoretische Perspektiven. Opladen: Leske + Budrich, 1998.

Fischer-Kowalski M, Haberl H. 2007. Conceptualizing, observing and comparing socioecological transitions. In: Socioecological transitions and global change: trajectories of social metabolism and land use. Editor Marina Fischer-Kowalski and Helmut Haberl. 2007

Fischer-Kowalski M, Mayer A, Schaffartzik A. 2011. Zur sozialmetabolischen Transformation von Gesellschaft und Soziologie. In: Matthias Groß. Handbuch Umweltsoziologie VS Verlag für Sozialwissenschaften | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2011

Fischer-Kowalski M, Haas W, Wiedernhofer D. 2012. Socio-ecological Transitions: definition, dynamics and related global scenarios. NeuJobs Working Paper

Friel S, Dangour A D, Garnett T, Lock K, Chalabi Z, Roberts I, Butler A, Butler C D, Waage J, McMichael A J, Haines A. 2009 Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: food and agriculture. Lancet 2009; 374: 2016-25

Frumkin H, McMichael A J. 2008. Climate Change and Public Health: Thinking, Communicating, Acting. American Journal of Preventive Medicine 35(5): 403–10.

Haberl H, Fischer-Kowalski M, Krausmann F, Martinez-Alier J, Winiwarter V. 2010. A sociometabolic transition towards sustainability? Challenges for another Great Transformation. Sustainable Development. doi: 10.1002/sd.410

Haines A, McMichael A J, Smith K R, Roberts I, Woodcock J, Markandya A, et al. 2009. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: overview and implications for policy makers. Lancet 2009; 374: 2104-14.

Haines A, Dora C. 2012. How the low-carbon economy can improve health. BMJ 2012, 344: 1018

Holm A L, Glümer C, Diderichsen F. Health Impact Assessment of increased cycling to place of work or education in Copenhagen. BMJ Open 2012

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPH - Institute of Public Health in Ireland. 2011. Active travel – healthy lives. Irland 2011.http://www.publichealth.ie/files/file/Active%20travel/Active%20travel%20-%20healthy%20lives.pdf (Zugriff 2.2.2015)

Jacobsen P. 2003. Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. Injury Prevention 9, 205-209

Kahn Ribeiro S, Kobayashi S, Beuthe M, Gasca J, Greene D, Lee D S, Muromachi Y, Newton P J, Plotkin S, Sperling D, Wit R, Zhou P J. 2007: Transport and its infrastructure. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Metz B, Davidson O R, Bosch P R, Dave R, Meyer L A (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Kenworthy J. 2003. Transport Energy Use and Greenhouse Gases in Urban Passenger Transport Systems: A Study of 84 Global Cities. Proceedings of the International Third Conference of the Regional Government Network for Sustainable Development, Notre Dame University, Fremantle, Western Australia, 2003.

Knoflacher H, Schopf M, Macoun T. 2004. Wien kann an der Spitze bleiben. Ein verkehrsvermeidene Stadtentwicklung und Raumordnung. Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Technische Universität Wien. WUV-Universitätsverlag

Knoflacher H. 1980. Öffentliche Verkehrsmittel: Neue Strukturen zur Verbesserung ihrer Chancengleichheit im städtischen Bereich. Internationales Verkehrswesen. 32(3), 176-178.

Köppl A, et al. 2011. EnergyTransition 2012\2020\2050 - Strategies for the Transition to Low Energy and Low Emission Structures, WIFO Monographien 2/2011. Wien. http://energytransition.wifo.ac.at (Zugriff 20.08.2015)

Krausmann F, Fischer-Kowalski M. 2010. Gesellschaftliche Naturverhältnisse: Energiequellen und die globale Transformation des gesellschaftlichen Stoffwechsels. Social Ecology Working Paper 117, Vienna

Kreienbrock L, Pigeot I, Ahrens W. 2012. Epidemiologische Methoden. Springer. 5 Auflage 2012. Hannover

Künzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P, Schneider J. 2000. Public Health Impact of Outdoor and traffic-related Air Pollution; a European Assessment. Lancet 356: 795-801.

Kvas E. 2005. Basics in Statistik – Teil 1: Kennzahlen der Epidemiologie – Relatives Risiko und Chancenverhältnis (= Odds Ratio). Journal für Kardiologie – Austrian Journal of Cardiology 2005; 12 (7-8), 186-187

Lee M, Shiroma E, Lobelo F, Puska P, Blair S, Katzmarzyk P. 2012. Effects of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. Lancet, 380 (2012), pp. 219–229

Lindsay G, Macmillan A, Woodward A. 2010. Moving urban trips from cars to bicycles: impact on health and emissions. Australian and New Zealand Journal of Public Health. doi:10.1111/j.1753-6405.2010.00621

MA 18. Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung. 2013.
Masterplan Verkehr 2003. Evaluierung 2013. Wien 2013 https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b0 08353.pdf (Zugriff 18.12.2014)

MA 18. Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung. 2010. Holzapfel P, Riedel R. Verkehrsmodell Wien, Stadtplanung Wien – MA 18, Wien 2010

MA 18. Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung, Werkstattbericht Nr. 114. 2011. Radverkehrserhebung Wien. Entwicklungen, Merkmale und Potenziale. Stand 2010 http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008167.pdf (Zugriff 16.12.2014)

MA 18. Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung. 2014. Smart City Rahmenstrategie. Wien 2014

MA 18. Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung. 2014. Fachkonzept Mobilität – Entwurf. STEP 2025. Stadtentwicklung Wien 2014
http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/strategien/step/step2025/fachkonzepte/mobilitaet/pdf/fachkonzept-mobilitaet-entwurf.pdf (Zugriff 16.12.2014)

MA 18. Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung. 2015. Fachkonzept Mobilität. STEP 2025. Stadtentwicklung Wien 2015

Maizlish N, Woodcock J, Co S, Ostro B, Fanai A. 2013. Health Co-Benefits and Transportation-Related Reductions in Greenhouse Gas Emissions in the San Francisco Bay Area. Am J Public Health.

Milner J, Davies M, Wilkinson P. 2012. Urban energy, carbon management (low carbon cities) and co-benefits for human health. Current Opinion in Environmental Sustainability Volume 4, Issue 4, October 2012, P. 398-404

Novak S. 2006. Citymaut-Systeme mit besonderer Berücksichtigung ihrer möglichen Auswirkungen auf den Modal Split am Beispiel Wien. IVS-Schriften. Wien 2006
ÖVK - Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik. 2010. Emissionen. Wien 2010

Putz P. 2009. Quantifizierung der körperlichen Aktivität bei österreichischen Erwachsenen. Dissertation an der Universität Wien. Wien 2009

Pfaffenbichler P. 2001. Verkehrsmittel und Strukturen. In: Verkehr und Mobilität. Wissenschaft und Umwelt Interdisziplinär (3) S. 35 - 41. Wien 2001

Pfaffenbichler P. 2011. BikeRisk Risiken des Radfahrens im Alltag. Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency. Wien

Pascal M, Corso M, Chanel O, Declecq C, Badaloni C, Cesaroni G, Henschel S, Maister K, Haluza D, Martin-Olmedo P, Medina S. 2013. Assessing the public health impact of urban air pollution

in 25 European cities: results of the Aphekom project. Science of the Total Environment, 2013; 449:390-400

Pope et al. 2002. In Cohen AJ, Anderson R, Ostra B, et al. 2004. Urban air pollution (chapter 17). In: Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, et al, eds. Comparative Quantification of Health Risks. WHO, Geneva, 2004

Rittler C. 2011. Kordonerhebung Wien in den Jahren 2008–2010, i. A. d. Planungsgemeinschaft Ost

Rojas-Rueda D, de Nazelle A, Teixidó O, Nieuwenhuijsen M J. 2013. Health impact assessment of increasing public transport and cycling use in Barcelona: A morbidity and burden of disease approach. Elsevier 2013

Schöffski O, Graf v. d. Schulenburg J M. 2012. Gesundheitsökonomische Evaluationen. Vierte, vollständig überarbeitete Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

Sieferle R P. 2003. Nachhaltigkeit in universalhistorischer Perspektive. In: Siemann W, editor. Umweltgeschichte Themen und Perspektiven. Munich: C.H. Beck;
2003. p. 39–60.

Smith, K, R, Balakrishnan K, Butler C, Chafe Z, Fairlie I, Kinney P, Kjellstrom T, Mauzerall D L, McKone T, McMichael A, Scheider M. 2012. Chapter 4 - Energy and Health. In Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, pp. 255-324.

Statistik Austria. 2013. Umweltbedingung, Umweltverhalten 2011. Ergebnisse des Mikrozensus. Wien 2013

Titze S, Ring-Dimitriou S, Schober P H, Halbwachs C, Samitz G, Miko H C, Lercher P, Stein K V, Gäbler C, Bauer R, Gollner E, Windhaber J, Bachl N, Dorner T E, Arbeitsgruppe Körperliche Aktivität/Bewegung/Sport der Österreichischen Gesellschaft für Public Health. 2012. Österreichische Empfehlungen für gesundheitswirksame Bewegung. Band Nr. 8 aus der Reihe WISSEN. hg. v. GÖG/FGÖ. Gesundheit Österreich GmbH / Geschäftsbereich Fonds Gesundes Österreich. Wien 2012

Trunk G. 2010. Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von Pkw- und Radverkehr
Ein Beitrag zur Nachhaltigkeitsdiskussion. Masterarbeit. Aus Holzapfel, R. Riedel. 2010. Verkehrsmodell Wien, Stadtplanung Wien – MA 18, Wien 2010
UBA – Umweltbundesamt. 2013. Bundesländer Luftschadstoffinventur 1990-2011. Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten (Datenstand 2013). Wien

UBA – Umweltbundesamt. 2012a. Bundesländer Luftschadstoffinventur 1990-2010. Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten (Datenstand 2012). Wien

UBA – Umweltbundesamt. 2012b. Klimaschutzbericht 2012. Wien

Umweltamt Graz. 2003. GOAL – Gesund Ohne Auto und Lärm – „Healthy without car and noise". Noise and emission reduction through the promotion of alternative means of transport for the citizens personal well-being. Projektmanager: Wolfgang Thiel, Graz 2003 http://www.umweltservice.graz.at/infos/la21/Endbericht.pdf (Zugriff 19.10.2015)

UNEP. 2011. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Fischer-Kowalski M, Swilling M, von Weizsäcker EU, Ren Y, Moriguchi Y, Crane W, Krausmann F, Eisenmenger N, Giljum S, Hennicke P, Romero Lankao, P, Siriban Manalang A, Sewerin S.

VCÖ – Verkehrsclub Österreich. 2012. Mobilität ist ein Gesundheitsfaktor. Factsheet Gesundheitsfaktor Mobilität. Wien 2012

Watts N, Adger WN, Agnolucci P, et al. 2015. Health and climate change. Policy responses to protect public health. Lancet and University College London Institute for Global Health Commission.

Weisz H. 2001. Gesellschaft-Natur Koevolution: Bindung der Möglichkeiten nachhaltiger Entwicklung. Dissertation. Humboldt Universität Berlin. 2001

WHO - World Health Organization. 2010. Global recommendations on physical activity for health. World Health Organization 2010

WHO - World Health Organization. 2011. Health in the green economy: health co-benefits of climate change mitigation – transport sector. WHO 2011
WHO - World Health Organization. 2013a. WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000-2011. Department of Health Statistics and Information Systems WHO, Geneva 2013

WHO - World Health Organization. 2013b. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP. WHO Regional Office for Europe 2013

Wiener Linien. 2010. Kontinuierliche Marktforschung der Wiener Linien. Mobilitätsverhalten 2010, Wien. (Auskunft per Email von Hrn. Ablinger)

Woodcock J, Edwards P, Tonne C, Armstrong B G, Ashiru O, Banister D, Beevers, S,Chalabi Z, Chowdhury Z, Cohen A, H Franco O H, Haines A, Hickman A R, Lindsay G, Ishaan Mittal, Mohan D, Tiwari G, Woodward A, Ian Roberts I. 2009. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: urban land transport. Lancet 2009;374:1930-43.

Woodcock J, Givoni M, Morgan A S. 2013. Health Impact Modelling of Active Travel Visions for England and Wales Using an Integrated Transport and Health Impact Modelling Tool (ITHIM). PLoS ONE 8(1): e51462. doi:10.1371/journal.pone.0051462

Wilkinson P, Smith KR, Davies M, Adair A, Armstrong B G, Barrett M, Bruce N, Haines A, Hamilton I, Oreszczyn T, Ridley I, Tonne C, Chalabi Z. 2009. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: household energy. Lancet 2009; 374:1917-29.

Zuurbier M, Hoek G, Oldenwening M, Lenters V, Meliefste K, van den Hazel P, Brunekreef B. 2010. Commuters' exposure to particulate matter air pollution is affected by mode of transport, fuel type, and route. Environmental Health Perspectives 2010;118:783-9

Anhang

Tabelle 26: Deutsche Übersetzungen der Erkrankungsbilder (eigene Darstellung)

Englisch	Deutsch	Definition
Ischemic heart disease	Ischämische Herzkrankheiten	Ischämische Herzkrankheiten sind Erkrankungen des Herzens, die durch eine verminderte Blutzufuhr und den dadurch entstehenden Sauerstoff- und Nährstoffmangel verursacht werden[54]
Colon and rectum cancers	Dickdarm-und Mastdarmkrebs	
Breast cancer	Brustkrebs	
Ischemic stroke	Ischämischer Schlaganfall	
Diabetes mellitus Typ II	Diabetes mellitus Typ II	
Bicycle road injury	Fahrradunfälle	
Cardiopulmonary disease	kardiopulmonalen Erkrankungen	z.B.: Asthma, Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD), Atemwegserkraungen;
Lung cancer	Lungenkrebs	

Tabelle 27: Berechnung der Verteilung MIV FahrerInnen und MIV MitfahrerInnen anhand des Besetzungsgrades für das Basisjahr 2010 und das Szenario STEP 2025 (eigene Darstellung)

	Basisjahr Wien2010	Szenario STEP 2025
Wege/Tag/Person	2,7	2,7
Anteil MIV am Modal Split	31%	20%
Anteil MIV an Wegen/Tag/Person	0,837	0,54
Besetzungsgrad 2010	**1,32[a]**	**1,5[b]**
Anteil MIV Fahrer Wegen/Tag/Person	0,63	0,36
Anteil MIV Mitfahrer Wegen/Tag/Person	0,2	0,18
Anteil MIV Fahrer am Modal Split	23%	13%
Anteil MIV Mitfahrer am Modal Split	8%	7%
[a] Wiener Linien 2010, [b] MA 18 2013: 57		

Tabelle 28: Fahrradnutzung in Wien 2011 von Personen über 15 Jahren (Statistik Austria 2013: 176; veränderte Darstellung)

Fahrradnutzung					
Täglich	Mehrmals die Woche	Mehrmals im Monat	Seltener	nie	keine Angaben
5,5	13,2	15,8	21,1	44,4	0,1

[54]https://www.gbebund.de/gbe10/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gast&p_aid=0&p_knoten=FID&p_sprache=D&p_suchstring=9103 Zugriff 06.10.2015

Tabelle 29: Berechnung des mittleren Modal Split Anteils Rad für die Alterskohorte 20-69 (MA 18 2011: 67, veränderte Darstellung)

Altersklassen (Jahre)	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70 und älter	Mittel 20-69
Modal Split Anteil Rad (%)	3%	6%	7%	8%	7%	3%	3%	6,20%
Modal Split Anteil MIV[a] (%)	14%	31%	38%	45%	43%	41%	18%	39,60%
[a] Pkw als FahrerIn, Pkw als MitfahrerIn, mot. Zweirad								

Tabelle 30: Veränderung der Personenanzahl die laut Fachkonzept Mobilität im Jahr 2025 täglich 30 Minuten aktiv Bewegung in der Alltagsmobilität machen (2015: 20; eigene Berechnung)

	Wien 2013		Wien 2025		Veränderung
EinwohnerInnen	1.753.597[55]		1.970.878 [56]		
außer Haus Anteil[a](81%)[57]	1.420.414		1.596.411		
30 Min. körperlich aktiv	23%	326.695	30%	478.923	+152.228
[a] Der „außer Haus“ Anteil meint die Personen, die zumindest für einen kurzen Fußweg das Haus verlassen					

Tabelle 31: Berechnung der eingeatmeten Tagesdosis je Verkehrsmittel (vgl. de Hartog et al. 2010: Supplement Material, Table2a)

Ver-kehrs-mittel	Aktivität	Atemvolu-men (l/min,)[a]	Entfernung (km)	Geschwindigkeit (km/h)	Dauer (h/d)	Konzentration PM 2,5 (µg/m³)[a]	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Tagesdosis (ug/d)
Rad	Schlafen	5			8	20	48,0	
	Rest	10			15,6	20	186,9	
	Pendeln	34,8	6,00	14	0,4	29	26,0	260,8
PKW	Schlafen	5			8,0	20	48,0	
	Rest	10			15,8	20	189,1	
	Pendeln	12	6,00	25	0,2	33	5,7	242,8
[a] (vgl. Pfaffenbichler 2011: 45)								

[55] Statistik Austria, Statistik des Bevölkerungsstandes. Erstellt am 11.06.2015
[56] Statistik Austria, STATcube: Bevölkerungsprognose Hauptszenario (Zugriff 07.10.2015)
[57] http://www.socialdata.de/daten/kennziffern.php Zugriff 07.10.2015

Tabelle 32: Berechnung der durchschnittlichen, zeitlich gewichteten Schadstoffkonzentration und der äquivalenten Änderung bei einem Umstieg vom PKW auf das Rad (vgl. de Hartog et al. 2010: Supplement Material, Table2a)

Verkehrs-mittel	Aktivität	Atemvolumen (l/min,) [a]	Dauer (h/d)	Konzentration PM 2.5 (µg/m³)[a]	Eingeatmete Dosis (µg/d)	Durchschnittliche Belas-tung PM 2,5[b]	Äquivalente Änderung beim Umstieg vom Pkw auf das Rad in PM 2,5 (µg/m³)
Rad	Schlafen	5	8	20	6,7		
	Rest	10	15,6	20	13,0		
	Pendeln	34,8	0,4	29	0,5	20,161	1,49
PKW	Schlafen	5	8	20	6,7		
	Rest	10	15,8	20	13,1		
	Pendeln	12	0,2	33	0,3	20,130	

[a] (vgl. Pfaffenbichler 2011: 45), [b] die zeitlich über 24 Stunden gewichtete, durchschnittliche Belastung

Tabelle 33: Verkehrsunfallstatistik Wien (URL4, eigene Berechnung der mittleren Werte)

Rad	2009	2010	2011	2012	2013	mittlerer Wert Unfälle	mittlerer Wert Verletzt	mittlerer Wert Getötet
Unfälle	573	552	659	1.011	905	740		
Verletzt	552	525	638	965	873		711 [b]	
Getötet	1	1	1	0	1			1[a]
PKW								
Unfälle	4.065	3.900	3.946	5.281	4.888	4416		
Verletzt	2.924	2.874	2.709	3.719	3.328		3111 [b]	
Getötet	7	2	5	4	3			4[b]

[a] Modus, [b] Mittelwert

Tabelle 34: Verkehrsunfallstatistik Österreich (URL5, eigene Berechnung der mittleren Werte)

Rad	2009	2010	2011	2012	2013	mittlerer Wert Unfälle	mittlerer Wert Verletzt	mittlerer Wert Getötet
Unfälle	5.495	4.882	5.760	6.772	6.375	5857		
Verletzt	5.417	4.835	5.745	6.695	6.335		5805	
Getötet	39	32	42	52	51			43

Tabelle 35: Berechnung des Wiener Anteils der Folgen von Radverkehrsunfällen in Österreich (Tab. 21 & Tab. 22; eigene Berechnung)

Berechnung des Wiener Anteils der Folgen von Radverkehrsunfällen (verletzt, getötet) in Österreich				
	Österreich	Österreich %	Wien	Wien %
getötet	43	100	0,8	1,9
verletzt	5805	100	711	12,2

Tabelle 36: Verteilung der Diabetes Erkrankungen in Österreich je Krankheitstyp (URL2, eigene Darstellung)

	Österreich
Typ I Diabetes	10%
Typ II Diabetes	90%

Tabelle 37: Verteilung der Krebserkrankungen des Dickdarms und des Rektums (erstellt am 07.10.2015 mit STATcube – Statistische Datenbank von Statistik Austria, veränderte Darstellung)

Berichtsjahr 2010			
Krebslokalisation (ICD10)	2010	%	
<C18> Bösartige Neubildung des Dickdarmes	2997	68	
<C20> Bösartige Neubildung des Rektums	1401	32	
Gesamt	4389	100	

Anmerkungen/Annotations
Q: STATcube – Statistische Datenbank von STATISTIK AUSTRIA
Krebsstatistik:

Österreichisches Krebsregister (Stand: 16.12.2014)
Bearbeitungsnachweis:

Direktion Bevölkerung - Bereich Krebsstatistik
Mag. Monika HACKL Tel.: +43 (1) 71128 - 7355
monika.hackl@statistik.gv.at

Tabelle 38: Demographische Angaben zu Wien und Österreich erstellt am 06.10.2015 mit STATcube – Statistische Datenbank von Statistik Austria (zusammengefasste Darstellung)

Bevölkerung im Jahresdurchschnitt 2010			Wohnbevölkerung im Jahresdurchschnitt 2010
Bundesland (NUTS 2-Einheit) <9>	Alterskohorte	Geschlecht	
Wien <AT13>	0-99	weiblich & männlich	1.695.590
Wien <AT13>	20-69	weiblich & männlich	1.173.961
Wien <AT13>	20-69	weiblich	601.794
Wien <AT13>	30-69	weiblich & männlich	925.347
Gesamt Österreich			
Österreich	0-99	weiblich & männlich	8.361.069
Österreich	20-69	weiblich & männlich	5.588.861
Österreich	20-69	weiblich	2.813.819
Österreich	30-69	weiblich & männlich	4.512.760
Österreich	30-99	weiblich & männlich	5.547.900

Anmerkungen/Annotations
Q: STATcube – Statistische Datenbank von STATISTIK AUSTRIA
Bevölkerung im Jahresdurchschnitt:
Gegenstand der Statistik
Bevölkerungszahlen gemäß Bevölkerungsfortschreibung der Statistik Austria
Aktualisierung
Die Fortschreibungszahlen werden jährlich im Frühjahr aktualisiert.
Letzte Aktualisierung des Würfels: [12.06.2015]
Bearbeitungsnachweis
Direktion Bevölkerung - Analysen und Prognosen
Mag. Alexander Hanika, Tel. +43 (1) 71128 - 7279
Alexander.Hanika@statistik.gv.at
Revision:
Die Registerzählung zum Stichtag 31.10.2011 brachte ein von der Statistik des Bevölkerungsstandes abweichendes Ergebnis im Ausmaß von rund -35.000 Personen. Zur Wahrung der Konsistenz mit den Zählungsergebnissen war sowohl eine Revision der laufenden Bevölkerungsstatistik als auch der Wanderungsstatistik notwendig. Diese Revision betrifft die Bevölkerungsstände zwischen dem 2. Quartal 2007 und dem 1. Quartal 2012 sowie die Jahresdurchschnittsbevölkerung und die Wanderungsstatistik und somit auch die daraus abgeleiteten demographischen Indikatoren der Jahre 2007 bis 2011
Bundesland (NUTS 2-Einheit) <9>:
NUTS ist die Abkürzung für 'Nomenclature des unites territoriales statistiques', zu deutsch 'Systematik der Gebietseinheiten für die Statistik' und ist eine allgemeine, hierarchisch aufgebaute territoriale Gliederung der EU-Staaten.
Die Ausprägungen weisen - in gebrochener Klammer - je nach Ebene einen drei- bis mehrstelligen Code auf; die ersten beiden Stellen sind 'AT', der ISO (International Standards Organisation) 2-Steller für Österreich.

Tabelle 39: Gestorbene Wien 2010 erstellt am 06.10.2015 mit STATcube – Statistische Datenbank von Statistik Austria (veränderte Darstellung)

Gestorbene Q

Werte: Gestorbene

Schicht:

Felder: Berichtsjahr und Alter [teilw. ABO]

Filter: Wohnbezirk(Bdl) [teilw. ABO].(Wien)

Berichtsjahr	**Alter [teilw. ABO]**	
2010 Wien	20 bis 24 Jahre	64
	25 bis 29 Jahre	64
	30 bis 34 Jahre	65
	35 bis 39 Jahre	114
	40 bis 44 Jahre	184
	45 bis 49 Jahre	387
	50 bis 54 Jahre	533
	55 bis 59 Jahre	657
	60 bis 64 Jahre	1037
	65 bis 69 Jahre	1498
	Gesamt	4603

Anmerkungen/Annotations

Q: STATcube – Statistische Datenbank von STATISTIK AUSTRIA

Gestorbene:

Datenprovenienz und gesetzliche Grundlage:
Die Erhebung und Aufarbeitung der Sterbefälle erfolgt monatlich nach dem Ereignisort auf Basis der Meldungen der Standesämter Österreichs, die Veröffentlichung nach letzten Wohnort der verstorbenen

Person.
Im Ausland stattfindende Todesfälle von in Österreich wohnhaften Personen (Hauptwohnsitz) sind in

den vorläufigen Ergebnissen noch nicht enthalten.
Ab dem Berichtsjahr 2009 werden Informationen aus anderen Datenquellen herangezogen, um im Ausland verstorbene Personen mit Wohnsitz in Österreich statistisch möglichst vollständig zu erfassen.
In Österreich stattfindende Todesfälle von im Ausland wohnhaften Personen sind in den publizierten

Daten nicht enthalten.

Aktualisierung:
Die endgültigen Daten eines Berichtsjahres werden im Mai des Folgejahres in die Datenbank

eingelagert

letzte Änderung des Würfels [04.08.2015]

Bearbeitungsnachweis:

Direktion Bevölkerung - Standesfälle

Anita Mikulasek Tel.: +43 (1) 71128 - 7275

Anita.Mikulasek@statistik.gv.at

Direktion Bevölkerung - Todesursachen

Mag. Barbara Leitner Tel.: +43 (1) 71128 - 7262

Barbara.Leitner@statistik.gv.at

Wichtiger Hinweis:

Kostenlos verfügbar sind folgende Abfragekombinationen:
Gestorbene x Berichtsjahr x Wohnbundesland x Geschlecht x Staatsangehörigkeit / Geburtsland /

Religionszugehörigkeit / Familienstand / Sterbeort /
Alter der gestorbenen Person in 5-Jahresgruppen / wenn verheiratet: Ehedauer in 5-Jahresgruppen /
wenn verheiratet: Alter des überlebenden Ehepartners in 5-Jahresgruppen /

Tabelle 40: Mortalitätsrate 20-69 Jahre Wien 2010 (eigene Berechnung)

	EinwohnerInnen (20-69)	Sterbefälle Gesamt (20-69 Jahre)	Mortalitätsrate/100.00 EinwohnerInnen (20-69)
Wien 2010	1.173.961[a]	4603[b]	**392** [c]
[a] vgl. Tab. 30, [b] vgl. Tab. 31, [c] eigene Berechnung			

Tabelle 41: Getötetenrate (GET) im Szenario STEP 2025 (eigene Berechnung)

	Fahrrad	MIV
Mortalitätsrate im Szenario STEP 2025[a]	1,20	0,44
[a] Personen/241Mio.Km und Jahr		

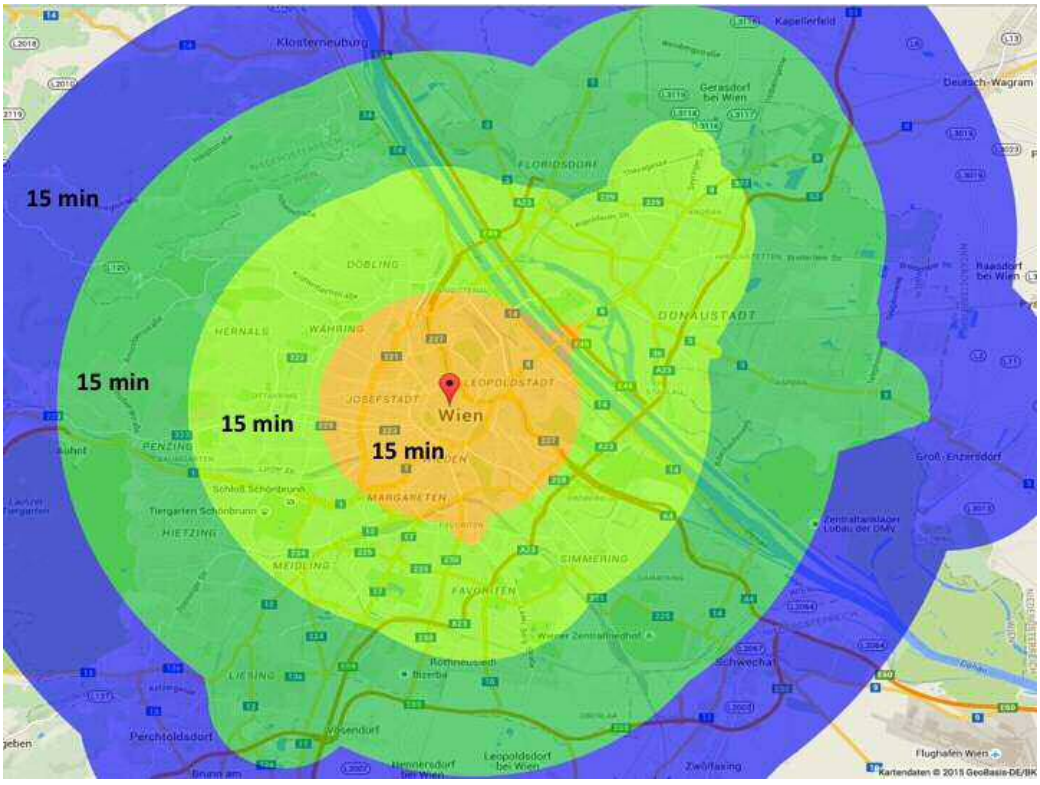


Abbildung 26: Reichweite mit dem Rad bei 14 km/h im Raum Wien[58]

Tabelle 42: Emissionsfaktoren CO2 g/FzKm für das Jahr 2010 und 2025 (URL6)

Land	Jahr	Fahrzeugkategorie	Schadstoff	Emissionsfaktor	Einheit
A	2010	PKW	CO2	165,538	[g/FzKm]
A	2025	PKW	CO2	128,61	[g/FzKm]

[58] https://www.data.gv.at/anwendungen/isochrone-karte-wien/ Zugriff 27.11.2014

Tabelle 43: Kontaktierte Personen (eigene Darstellung)

Institution	Ansprechperson
Gesundheit Österreich GmbH (GÖG)	Mag.ª Knaller, Mag.ª Horvath
Magistratsabteilung 18. Stadtentwicklung und Stadtplanung.	Ing. Berger
VCÖ-Mobilität mit Zukunft	Fr. Hochsteger
Lebensministerium	DI Eder
Mobilitätsagentur	Fr. Reichard

Verfasser:

Philipp Maier BA

+43 699 190 77 77 8

phimai5@gmail.com

Begutachterin:

Univ.-Prof. Dr. Marina Fischer-Kowalski

Institut für Soziale Ökologie

Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung (IFF)

Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Schottenfeldgasse 29

A-1070 Wien, Österreich

+43 1 522 4000 416

marina.fischer-kowalski@aau.at

Vorbegutachter:

Dipl.-Ing. Dr. Willi Haas

Institut für Soziale Ökologie

Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung (IFF)

Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Schottenfeldgasse 29

A-1070 Wien, Österreich

+43 1 522 4000 422

willi.haas@aau.at

WORKING PAPERS SOCIAL ECOLOGY

Band 1
Umweltbelastungen in Österreich als Folge menschlichen Handelns. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Fischer-Kowalski, M., Hg. (1987)

Band 2
Environmental Policy as an Interplay of Professionals and Movements - the Case of Austria. Paper to the ISA Conference on Environmental Constraints and Opportunities in the Social Organisation of Space, Udine 1989. Fischer-Kowalski, M. (1989)

Band 3
Umwelt &Öffentlichkeit. Dokumentation der gleichnamigen Tagung, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut in Wien, (1990)

Band 4
Umweltpolitik auf Gemeindeebene. Politikbezogene Weiterbildung für Umweltgemeinderäte. Lackner, C. (1990)

Band 5
Verursacher von Umweltbelastungen. Grundsätzliche Überlegungen zu einem mit der VGR verknüpfbaren Emittenteninformationssystem. Fischer-Kowalski, M., Kisser, M., Payer, H., Steurer A. (1990)

Band 6
Umweltbildung in Österreich, Teil I: Volkshochschulen. Fischer-Kowalski, M., Fröhlich, U.; Harauer, R., Vymazal R. (1990)

Band 7
Amtliche Umweltberichterstattung in Österreich. Fischer-Kowalski, M., Lackner, C., Steurer, A. (1990)

Band 8
Verursacherbezogene Umweltinformationen. Bausteine für ein Satellitensystem zur österr. VGR. Dokumentation des gleichnamigen Workshop, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut, Wien (1991)

Band 9
A Model for the Linkage between Economy and Environment. Paper to the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991. Dell'Mour, R., Fleissner, P. , Hofkirchner, W.,; Steurer A. (1991)

Band 10
Verursacherbezogene Umweltindikatoren - Kurzfassung. Forschungsbericht gem. mit dem Österreichischen Ökologie-Institut. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H.; Steurer, A., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 11
Gezielte Eingriffe in Lebensprozesse. Vorschlag für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Haberl, H. (1991)

Band 12
Gentechnik als gezielter Eingriff in Lebensprozesse. Vorüberlegungen für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Wenzl, P.; Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 13
Transportintensität und Emissionen. Beschreibung österr. Wirtschaftssektoren mittels Input-Output-Modellierung. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Dell'Mour, R.; Fleissner, P.; Hofkirchner, W.; Steurer, A. (1991)

Band 14
Indikatoren für die Materialintensität der österreichischen Wirtschaft. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Payer, H. unter Mitarbeit von K. Turetschek (1991)

Band 15
Die Emissionen der österreichischen Wirtschaft. Systematik und Ermittelbarkeit. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Payer, H.; Zangerl-Weisz, H. unter Mitarbeit von R.Fellinger (1991)

Band 16
Umwelt als Thema der allgemeinen und politischen Erwachsenenbildung in Österreich. Fischer-Kowalski M., Fröhlich, U.; Harauer, R.; Vymazal, R. (1991)

Band 17
Causer related environmental indicators - A contribution to the environmental satellite-system of the Austrian SNA. Paper for the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H., Steurer, A. (1991)

Band 18
Emissions and Purposive Interventions into Life Processes - Indicators for the Austrian Environmental Accounting System. Paper to the ÖGBPT Workshop on Ecologic Bioprocessing, Graz 1991. Fischer-Kowalski M., Haberl, H., Wenzl, P., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 19
Defensivkosten zugunsten des Waldes in Österreich. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung. Fischer-Kowalski et al. (1991)

Band 20*
Basisdaten für ein Input/Output-Modell zur Kopplung ökonomischer Daten mit Emissionsdaten für den Bereich des Straßenverkehrs. Steurer, A. (1991)

Band 22
A Paradise for Paradigms - Outlining an Information System on Physical Exchanges between the Economy and Nature. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H. (1992)

Band 23
Purposive Interventions into Life-Processes - An Attempt to Describe the Structural Dimensions of the Man-Animal-Relationship. Paper to the Internat. Conference on "Science and the Human-Animal-Relationship", Amsterdam 1992. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)

Band 24
Purposive Interventions into Life Processes: A Neglected "Environmental" Dimension of the Society-Nature Relationship. Paper to the 1. Europ. Conference of Sociology, Vienna 1992. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)

Band 25
Informationsgrundlagen struktureller Ökologisierung. Beitrag zur Tagung "Strategien der Kreislaufwirtschaft: Ganzheitl. Umweltschutz/Integrated Environmental Protection", Graz 1992. Steurer, A., Fischer-Kowalski, M. (1992)

Band 26
Stoffstrombilanz Österreich 1988. Steurer, A. (1992)

Band 28
Naturschutzaufwendungen in Österreich. Gutachten für den WWF Österreich. Payer, H. (1992)

Band 29
Indikatoren der Nachhaltigkeit für die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung - angewandt auf die Region. Payer, H. (1992). In: KudlMudl SonderNr. 1992:Tagungsbericht über das Dorfsymposium "Zukunft der Region - Region der Zukunft?"

Band 31
***Leerzeichen.* Neuere Texte zur Anthropologie**. Macho, T. (1993)

Band 32
Metabolism and Colonisation. Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1993)

Band 33
Theoretische Überlegungen zur ökologischen Bedeutung der menschlichen Aneignung von Nettoprimärproduktion. Haberl, H. (1993)

Band 34
Stoffstrombilanz Österreich 1970-1990 - Inputseite. Steurer, A. (1994)

Band 35
Der Gesamtenergieinput des Sozio-ökonomischen Systems in Österreich 1960-1991. Zur Erweiterung des Begriffes "Energieverbrauch". Haberl, H. (1994)

Band 36
Ökologie und Sozialpolitik. Fischer-Kowalski, M. (1994)

Band 37
Stoffströme der Chemieproduktion 1970-1990. Payer, H., unter Mitarbeit von Zangerl-Weisz, H. und Fellinger, R. (1994)

Band 38
Wasser und Wirtschaftswachstum. Untersuchung von Abhängigkeiten und Entkoppelungen, Wasserbilanz Österreich 1991. Hüttler, W., Payer, H. unter Mitarbeit von H. Schandl (1994)

Band 39
Politische Jahreszeiten. 12 Beiträge zur politischen Wende 1989 in Ostmitteleuropa. Macho, T. (1994)

Band 40
On the Cultural Evolution of Social Metabolism with Nature. Sustainability Problems Quantified. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1994)

Band 41
Weiterbildungslehrgänge für das Berufsfeld ökologischer Beratung. Erhebung u. Einschätzung der Angebote in Österreich sowie von ausgewählten Beispielen in Deutschland, der Schweiz, Frankreich, England und europaweiten Lehrgängen. Rauch, F. (1994)

Band 42
Soziale Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung. Fischer-Kowalski, M., Madlener, R., Payer, H., Pfeffer, T., Schandl, H. (1995)

Band 43
Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen. Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs. Haberl, H. (1995)

Band 44
Materialfluß Österreich 1990. Hüttler, W., Payer, H.; Schandl, H. (1996)

Band 45
National Material Flow Analysis for Austria 1992. Society's Metabolism and Sustainable Development. Hüttler, W. Payer, H., Schandl, H. (1997)

Band 46
Society's Metabolism. On the Development of Concepts and Methodology of Material Flow Analysis. A Review of the Literature. Fischer-Kowalski, M. (1997)

Band 47
Materialbilanz Chemie-Methodik sektoraler Materialbilanzen. Schandl, H., Weisz, H. Wien (1997)

Band 48
Physical Flows and Moral Positions. An Essay in Memory of Wildavsky. A. Thompson, M. (1997)

Band 49
Stoffwechsel in einem indischen Dorf. Fallstudie Merkar. Mehta, L., Winiwarter, V. (1997)

Band 50+
Materialfluß Österreich- die materielle Basis der Österreichischen Gesellschaft im Zeitraum 1960-1995. Schandl, H. (1998)

Band 51+
Bodenfruchtbarkeit und Schädlinge im Kontext von Agrargesellschaften. Dirlinger, H., Fliegenschnee, M., Krausmann, F., Liska, G., Schmid, M. A. (1997)

Band 52+
Der Naturbegriff und das Gesellschaft-Natur-Verhältnis in der frühen Soziologie. Lutz, J. Wien (1998)

Band 53+
NEMO: Entwicklungsprogramm für ein Nationales Emissionsmonitoring. Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Jorde, T. (1998)

Band 54+
Was ist Umweltgeschichte? Winiwarter, V. (1998)

Mit + gekennzeichnete Bände sind unter
http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/1818.htm
Im PDF-Format und in Farbe downloadbar.

WORKING PAPERS SOCIAL ECOLOGY

Band 55+
Agrarische Produktion als Interaktion von Natur und Gesellschaft: Fallstudie SangSaeng. Grünbühel, C. M., Schandl, H., Winiwarter, V. (1999)

Band 57+
Colonizing Landscapes: Human Appropriation of Net Primary Production and its Influence on Standing Crop and Biomass Turnover in Austria. Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Schulz, N. B., Weisz, H. (1999)

Band 58+
Die Beeinflussung des oberirdischen Standing Crop und Turnover in Österreich durch die menschliche Gesellschaft. Erb, K. H. (1999)

Band 59+
Das Leitbild "Nachhaltige Stadt". Astleithner, F. (1999)

Band 60+
Materialflüsse im Krankenhaus, Entwicklung einer Input-Output Methodik. Weisz, B. U. (2001)

Band 61+
Metabolismus der Privathaushalte am Beispiel Österreichs. Hutter, D. (2001)

Band 62+
Der ökologische Fußabdruck des österreichischen Außenhandels. Erb, K.H., Krausmann, F., Schulz, N. B. (2002)

Band 63+
Material Flow Accounting in Amazonia: A Tool for Sustainable Development. Amann, C., Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Grünbühel, C. M. (2002)

Band 64+
Energieflüsse im österreichischen Landwirtschaftssektor 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung. Darge, E. (2002)

Band 65+
Biomasseeinsatz und Landnutzung Österreich 1995-2020. Haberl, H.; Krausmann, F.; Erb, K.H.;Schulz, N. B.; Adensam, H. (2002)

Band 66+
Der Einfluss des Menschen auf die Artenvielfalt. Gesellschaftliche Aneignung von Nettoprimärproduktion als Pressure-Indikator für den Verlust von Biodiversität. Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Schulz, N. B., Plutzar, C., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Weisz, H.; Sauberer, N., Pollheimer, M. (2002)

Band 67+
Materialflussrechnung London. Bongardt, B. (2002)

Band 68+
Gesellschaftliche Stickstoffflüsse des österreichischen Landwirtschaftssektors 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung. Gaube, V. (2002)

Band 69+
The transformation of society's natural relations: from the agrarian to the industrial system. Research strategy for an empirically informed approach towards a European Environmental History. Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Schandl, H. (2003)

Band 70+
Long Term Industrial Transformation: A Comparative Study on the Development of Social Metabolism and Land Use in Austria and the United Kingdom 1830-2000. Krausmann, F., Schandl, H., Schulz, N. B. (2003)

Band 72+
Land Use and Socio-economic Metabolism in Pre-industrial Agricultural Systems: Four Nineteenth-century Austrain Villages in Comparison. Krausmann, F. (2008)

Band 73+
Handbook of Physical Accounting Measuring bio-physical dimensions of socio-economic activities MFA – EFA – HANPP. Schandl, H., Grünbühel, C. M., Haberl, H., Weisz, H. (2004)

Band 74+
Materialflüsse in den USA, Saudi Arabien und der Schweiz. Eisenmenger, N.; Kratochvil, R.; Krausmann, F.; Baart, I.; Colard, A.; Ehgartner, Ch.; Eichinger, M.; Hempel, G.; Lehrner, A.; Müllauer, R.; Nourbakhch-Sabet, R.; Paler, M.; Patsch, B.; Rieder, F.; Schembera, E.; Schieder, W.; Schmiedl, C.; Schwarzlmüller, E.; Stadler, W.; Wirl, C.; Zandl, S.; Zika, M. (2005)

Band 75+
Towards a model predicting freight transport from material flows. Fischer-Kowalski, M. (2004)

Band 76+
The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption. Weisz, H., Krausmann, F., Amann, Ch., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Hubacek, K., Fischer-Kowalski, M. (2005)

Band 77+
Arbeitszeit und Nachhaltige Entwicklung in Europa: Ausgleich von Produktivitätsgewinn in Zeit statt Geld? Proinger, J. (2005)

Band 78+
Sozial-Ökologische Charakteristika von Agrarsystemen. Ein globaler Überblick und Vergleich. Lauk, C. (2005)

Band 79+
Verbrauchsorientierte Abrechnung von Wasser als Water-Demand-Management-Strategie. Eine Analyse anhand eines Vergleichs zwischen Wien und Barcelona. Machold, P. (2005)

Band 80+
Ecology, Rituals and System-Dynamics. An attempt to model the Socio-Ecological System of Trinket Island. Wildenberg, M. (2005)

Band 81+
Southeast Asia in Transition. Socio-economic transitions, environmental impact and sustainable development. Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., Grünbühel, C., Haas, W., Erb, K-H., Weisz, H., Haberl, H. (2004)

Band 83+
HANPP-relevante Charakteristika von Wanderfeldbau und anderen Langbrachesystemen. Lauk, C. (2006)

Band 84+
Management unternehmerischer Nachhaltigkeit mit Hilfe der Sustainability Balanced Scorecard. Zeitlhofer, M. (2006)

Band 85+
Nicht-nachhaltige Trends in Österreich: Maßnahmenvorschläge zum Ressourceneinsatz. Haberl, H., Jasch, C., Adensam, H., Gaube, V. (2006)

Band 87+
Accounting for raw material equivalents of traded goods. A comparison of input-output approaches in physical, monetary, and mixed units. Weisz, H. (2006)

Band 88+
Vom Materialfluss zum Gütertransport. Eine Analyse anhand der EU15 – Länder (1970-2000).
Rainer, G. (2006)

Band 89+
Nutzen der MFA für das Treibhausgas-Monitoring im Rahmen eines Full Carbon Accounting-Ansatzes; Feasibilitystudie; Endbericht zum Projekt BMLFUW-UW.1.4.18/0046-V/10/2005. Erb, K.-H., Kastner, T., Zandl, S., Weisz, H., Haberl, H., Jonas, M., (2006)

Band 90+
Local Material Flow Analysis in Social Context in Tat Hamelt, Northern Mountain Region, Vietnam. Hobbes, M.; Kleijn, R. (2006)

Band 91+
Auswirkungen des thailändischen logging ban auf die Wälder von Laos. Hirsch, H. (2006)

Band 92+
Human appropriation of net primary produktion (HANPP) in the Philippines 1910-2003: a socio-ecological analysis. Kastner, T. (2007)

Band 93+
Landnutzung und landwirtschaftliche Entscheidungsstrukturen. Partizipative Entwicklung von Szenarien für das Traisental mit Hilfe eines agentenbasierten Modells. Adensam, H., V. Gaube, H. Haberl, J. Lutz, H. Reisinger, J. Breinesberger, A. Colard, B. Aigner, R. Maier, Punz, W. (2007)

Band 94+
The Work of Konstantin G. Gofman and colleagues: An early example of Material Flow Analysis from the Soviet Union. Fischer-Kowalski, M.; Wien (2007)

Band 95+
Partizipative Modellbildung, Akteurs- und Ökosystemanalyse in Agrarintensivregionen; Schlußbericht des deutsch-österreichischen Verbundprojektes. Newig, J., Gaube, V., Berkhoff, K., Kaldrack, K., Kastens, B., Lutz, J., Schlußmeier B., Adensam, H., Haberl, H., Pahl-Wostl, C., Colard, A., Aigner, B., Maier, R., Punz, W.; Wien (2007)

Band 96+
Rekonstruktion der Arbeitszeit in der Landwirtschaft im 19. Jahrhundert am Beispiel von Theyern in Niederösterreich. Schaschl, E.; Wien (2007)

Band 98+
Local Material Flow Analysis in Social Context at the forest fringe in the Sierra Madre, the Philippines. Hobbes, M., Kleijn, R. (Hrsg); Wien (2007)

Band 99+
Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in Spain, 1955-2003: A socio-ecological analysis. Schwarzlmüller, E.; Wien (2008)

Band 100+
Scaling issues in long-term socio-ecological biodiversity research: A review of European cases. Dirnböck, T., Bezák, P., Dullinger S., Haberl, H., Lotze-Campen, H., Mirtl, M., Peterseil, J., Redpath, S., Singh, S., Travis, J., Wijdeven, S.M.J.; Wien (2008)

Band 101+
Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in the United Kingdom, 1800-2000: A socio-ecological analysis. Musel, A.; Wien (2008)

Band 102 +
Wie kann Wissenschaft gesellschaftliche Veränderung bewirken? Eine Hommage an Alvin Gouldner, und ein Versuch, mit seinen Mitteln heutige Klima-politik zu verstehen. Fischer-Kowalski, M.; Wien (2008)

Band 103+
Sozialökologische Dimensionen der österreichischen Ernährung – Eine Szenarienanalyse. Lackner, M.; Wien (2008)

Band 104+
Fundamentals of Complex Evolving Systems: A Primer. Weis, E.; Wien (2008)

Band 105+
Umweltpolitische Prozesse aus diskurstheoretischer Perspektive: Eine Analyse des Südtiroler Feinstaubproblems von der Problemkonstruktion bis zur Umsetzung von Regulierungsmaßnahmen. Paler, M.; Wien (2008)

Band 106+
Ein integriertes Modell für Reichraming. Partizipative Entwicklung von Szenarien für die Gemeinde Reichraming (Eisenwurzen) mit Hilfe eines agentenbasierten Landnutzungsmodells. Gaube, V., Kaiser, C., Widenberg, M., Adensam, H., Fleissner, P., Kobler, J., Lutz, J., Smetschka, B., Wolf, A., Richter, A., Haberl, H.; Wien (2008)

Band 107+
Der soziale Metabolismus lokaler Produktionssysteme: Reichraming in der oberösterreichischen Eisenwurzen 1830-2000. Gingrich, S., Krausmann, F.; Wien (2008)

Band 108+
Akteursanalyse zum besseren Verständnis der Entwicklungsoptionen von Bioenergie in Reichraming. Eine sozialökologische Studie. Vrzak, E.; Wien (2008)

Band 109+
Direktvermarktung in Reichraming aus sozialökologischer Perspektive. Zeitlhofer, M.; Wien (2008)

Band 110+
CO_2-Bilanz der Tomatenproduktion: Analyse acht verschiedener Produktionssysteme in Österreich, Spanien und Italien. Theurl, M.; Wien (2008)

Band 111+
Die Rolle von Arbeitszeit und Einkommen bei Rebound-Effekten in Dematerialisierungs- und Dekarbonisierungsstrategien. Eine Literaturstudie. Bruckner, M.; Wien (2008)

Band 112+
Von Kommunikation zu materiellen Effekten - Ansatzpunkte für eine sozial-ökologische Lesart von Luhmanns Theorie Sozialer Systeme. Rieder, F.; Wien (2008)

Band 114+
Across a Moving Threshold: energy, carbon and the efficiency of meeting global human development needs. Steinberger, J. K., Roberts, .J.T.; Wien (2008)

Band 115
Towards a low carbon society: Setting targets for a reduction of global resource use. Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Steinberger, J.K., Ayres, R.U.; Wien (2010)

WORKING PAPERS SOCIAL ECOLOGY

Band 116+
Eating the Planet: Feeding and fuelling the world sustainably, fairly and humanely - a scoping study. Erb, K-H., Haberl, H., Krausmann, F., Lauk, C., Plutzar, C., Steinberger, J.K., Müller, C., Bondeau, A., Waha, K., Pollack, G.; Wien (2009)

Band 117+
Gesellschaftliche Naturverhältnisse: Energiequellen und die globale Transformation des gesellschaftlichen Stoffwechsels. Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2010)

Band 118+
Zurück zur Fläche? Eine Untersuchung der biophysischen Ökonomie Brasiliens zwischen 1970 und 2005. Mayer, A.; Wien (2010)

Band 119+
Das nachhaltige Krankenhaus: Erprobungsphase. Weisz, U., Haas, W., Pelikan, J.M., Schmied, H., Himpelmann, M., Purzner, K., Hartl, S., David, H.; Wien (2009)

Band 120+
LOCAL STUDIES MANUAL
A researcher's guide for investigating the social metabolism of local rural systems. Singh, S.J., Ringhofer, L., Haas, W., Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2010)

Band 121+
Sociometabolic regimes in indigenous communities and the crucial role of working time: A comparison of case studies. Fischer-Kowalski, M., Singh, S.J., Ringhofer, L., Grünbühel C.M., Lauk, C., Remesch., A.; Wien (2010)

Band 122+
Klimapolitik im Bereich Gebäude und Raumwärme. Entwicklung, Problemfelder und Instrumente der Länder Österreich, Deutschland und Schweiz. Jöbstl, R.; Wien (2012)

Band 123+
Trends and Developments of the Use of Natural Resources in the European Union. Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Steinberger, J.K., Schaffartzik, A., Eisenmenger, N, Weisz, U.; Wien (2011)

Band 125+
Raw Material Equivalents (RME) of Austria's Trade. Schaffartzik, A., Eisenmenger, N., Krausmann, F., Weisz, H.; Wien (2013)

Band 126+
Masterstudium "Sozial- und Humanökologie": Selbstevaluation 2005-2010. Schmid, M., Mayer A., Miechtner, G.; Wien (2010)

Band 127+
Bericht des Zentrums für Evaluation und Forschungsberatung (ZEF). Das Masterstudium „Sozial- und Humanökologie". Mayring, P., Fenzl, T.; Wien (2010)

Band 128+
Die langfristigen Trends der Material- und Energieflüsse in den USA in den Jahren 1850 bis 2005. Gierlinger, S.; Wien (2010)

Band 129+
Die Verzehrungssteuer 1829 – 1913 als Grundlage einer umwelthistorischen Untersuchung des Metabolismus der Stadt Wien. Hauer, F.; Wien (2010)

Band 130+
Human Appropriation of Net Primary Production in South Africa, 1961- 2006. A socio-ecological analysis. Niedertscheider, M.; Wien (2011)

Band 131+
The socio-metabolic transition.
Long term historical trends and patterns in global material and energy use. Krausmann, F. (Editor); Wien (2011)

Band 132+
„Urlaub am Bauernhof" oder „Bauernhof ohne Urlaub"? Eine sozial-ökologische Untersuchung der geschlechtsspezifischen Arbeitsteilung und Zeitverwendung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Gemeinde Andelsbuch, Bregenzerwald.
Winder, M.; Wien (2011)

Band 133+
Spatial and Socio-economic Drivers of Direct and Indirect Household Energy Consumption in Australia. Wiedenhofer, D.; Wien (2011)

Band 134+
Die Wiener Verzehrungssteuer. Auswertung nach einzelnen Steuerposten (1830 – 1913). Hauer, F., Gierlinger, S., Nagele, C., Albrecht, J., Uschmann, T., Martsch, M.; Wien (2012)

Band 135+
Zeit für Veränderung? Über die geschlechtsspezifische Arbeitsteilung und Zeitverwendung in landwirtschaftlichen Betrieben und deren Auswirkungen auf Landnutzungsveränderungen in der Region „Westlicher Wienerwald". Eine sozial-ökologische Untersuchung.
Madner, V.; Wien (2013)

Band 136+
The Impact of Industrial Grain Fed Livestock Production on Food Security: an extended literature review. Erb, K-H., Mayer, A., Kastner, T., Sallet, K-E., Haberl, H.; Wien (2012)

Band 137+
Human appropriation of net primary production in Africa: Patterns, trajectories, processes and policy implications. Fetzel, T., Niedertscheider, M., Erb, K-H., Gaube, V., Gingrich, S., Haberl, H., Krausmann, F., Lauk, C., Plutzar, C.; Wien (2012)

Band 138+
VERSCHMUTZT – VERBAUT – VERGESSEN: Eine Umweltgeschichte des Wienflusses von 1780 bis 1910. Pollack, G.; Wien (2013)

Band 139+
Der Fleischverbrauch in Österreich von 1950-2010.Trends und Drivers als Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage. Willerstorfer, T.; Wien (2013)

Band 140+
Veränderungen im sektoralen Energieverbrauch ausgewählter europäischer Länder von 1960 bis 2005. Draxler, V.; Wien (2014)

Band 141+
Wie das ERP (European Recovery Program) die Entwicklung des alpinen, ländlichen Raumes in Vorarlberg prägte. Groß, R.; Wien (2013)

Band 142+
Exploring local opportunities and barriers for a sustainability transition on a Greek island. Petridis, P., Hickisch, R., Klimek, M., Fischer, R., Fuchs, N., Kostakiotis, G., Wendland, M., Zipperer, M., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2013)

Band 143+
Climate Change Mitigation in Latin America: A Mapping of Current Policies, Plans and Programs. Ringhofer, L., Singh, S.J., Smetschka, B.; Wien (2013)

Band 144+
Arbeitszeit und Energieverbrauch: Grundsatzfragen diskutiert an der historischen Entwicklung in Österreich. Weisz, U., Possanner, N..; Wien (2013)

Band 145+
Barrieren und Chancen für die Realisierung nachhaltiger Mobilität. Eine Analyse der Zeitabhängigkeit von Mobilitätsmustern am Beispiel von Krems/Donau. Gross, A.; Wien (2013)

Band 147+
The rise of the semi-periphery:
A physical perspective on the global division of labour.
Material flow analysis of global trade flows (1970-2005).
Loy, C.; Wien (2013)

Band 148+
Historische Energietransitionen im Ländervergleich. Energienutzung, Bevölkerung, Wirtschaftliche Entwicklung. Pallua, I.; Wien (2013)

Band 149+
Socio-Ecological Impacts of Land Grabbing for Nature Conservation on a Pastoral Community: A HANPP-based Case Study in Ololosokwan Village, Northern Tanzania. Bartels, L. E.; Wien (2014)

Band 150+
Teilweise waren Frauen auch Traktorist. Geschlechtliche Arbeitsteilung in landwirtschaftlichen Betrieben Ostdeutschlands heute – Unterschiede in der biologischen und konventionellen Bewirtschaftung. Fehlinger, J.; Wien (2014)

Band 151+
Economy-wide Material Flow Accounting
Introduction and guide. Krausmann, F., Weisz, H., Schütz, H., Haas, W., Schaffartzik, A.; Wien (2014)

Band 152+
Large scale societal transitions in the past.
The Role of Social Revolutions and the 1970s Syndrome.
Fischer-Kowalski, M., Hausknost, D. (Editors); Wien (2014)

Band 153+
Die Anfänge der mineralischen Düngung in Österreich-Ungarn (1848-1914). Mayrhofer, I.; Wien (2014)

Band 154+
Environmentally Extended Input-Output Analysis. Schaffartzik, A., Sachs, M., Wiedenhofer, D., Eisenmenger, N.; Wien (2014)

Band 155+
Rural Metabolism: Material flows in an Austrian village in 1830 and 2001. Haas, W., Krausmann, F.; Wien (2015)

Band 156+
A proposal for a workable analysis of Energy
Return On Investment (EROI) in agroecosystems.
Part I: Analytical approach. Tello, E., Galán, E., Cunfer, G., Guzmán-Casado, G.I.,Gonzales de Molina, M., Krausmann, F., Gingrich, S., Sacristán, V., Marco, I., Padró, R., Moreno-Delgado, D.; Wien (2015)

Band 157+
Auswirkungen des demographischen Wandels auf die Landwirtschaft und Landnutzung in der LEADER Region Mostviertel-Mitte. Riegler, M.; Wien (2014)

Band 158+
Ökobilanzierung im Zierpflanzenbau. Treibhausgasemissionen der Produktion von Zierpflanzen am Beispiel eines traditionellen Endverkaufsbetriebs in Österreich. Wandl, M. T.; Wien (2015)

Band 159+
CO_2-Emissionen und Ressourcennutzung im Bergtourismus. Zur Frage der nachhaltigen Bewirtschaftung einer alpinen Schutzhütte und des Carbon Footprint ihrer Gäste. Fink, R.; Wien (2015)

Band 160+
Social Multi-Criteria Evaluation (SMCE) in Theory and Practice: Introducing the software OPTamos. Singh, S. J., Smetschka, B., Grima, N., Ringhofer, L. Petridis, P., Biely, K.; Wien (2016)

Band 161+
„Und dann war das Auto auch wieder weg" – Biografische Betrachtung autofreier Mobilität. Sattlegger, L.; Wien (2015)

Band 162+
Die Konstruktion von traditional ecological knowledge: Eine kritische Analyse wissenschaftlicher Umwelt- und Naturschutzdiskurse. Andrej, M.; Wien (2015)

Band 163+
Stickstoffflüsse von der landwirtschaftlichen Produktion bis zum Lebensmittelverzehr in Österreich von 1965 bis 2010. Sinnhuber, L.; Wien (2015)

Band 164+
Socio-ecological Impacts of Brick Kilns in the Western Ghats: A socio-metabolic Analysis of small-scale Brick Industries in the Mumbai Metropolitan Region, Maharashtra, India. Noll, D.; Wien (2015)

Band 165+
Wachsende Fahrradnutzung in Wien und ihre Relevanz für Klima und Gesundheit. Maier, P.; Wien (2015)