

D  
I  
P  
L  
O  
M  
A  
R  
B  
E  
I  
T

# Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von Pkw- und Radverkehr

## Ein Beitrag zur Nachhaltigkeitsdiskussion

### Verfasser:

Gregor Trunk

Diplomarbeit für das Fachgebiet  
VERKEHRSWESEN

### Betreuung:

Gerd Sammer  
o. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.

Michael Meschik  
Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr.



Institut für Verkehrswesen  
Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur  
Universität für Bodenkultur Wien

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Ziel der Arbeit</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Interne &amp; externe Effekte, Nachhaltigkeit</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Indikatoren aus den drei Feldern der Nachhaltigkeit</b> .....	<b>10</b>
4.1 Betrieb .....	13
4.2 Reisezeit .....	17
4.3 Infrastruktur .....	19
4.2.1 Investitionskosten .....	19
4.2.2 Instandhaltungskosten .....	19
4.2.3 Beschäftigungseffekte .....	20
4.4 Gesundheitliche Auswirkungen .....	23
4.3.1 Methodische Fragen .....	23
4.3.2 Kalkulator zur volkswirtschaftlichen Evaluierung .....	25
4.3.3 Ergebnisse Wien .....	27
4.3.4 Alternative Werte .....	28
4.5 Lärm .....	30
4.6 Unfälle .....	34
4.7 Schadstoffe .....	43
4.8 Klima .....	47
4.9 Qualitative Faktoren .....	48
6.8.1 Wirtschaftsfaktor Fahrrad .....	48
6.8.2 Erreichbarkeit / Kleinräumigkeit .....	49
4.10 Aggregation der Indikatoren .....	51

---

<b>5 Verkehrsszenarien für die Wiener Bevölkerung .....</b>	<b>54</b>
5.1 Aktuelle Situation .....	54
5.2 Szenarien.....	57
<b>6 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>69</b>
<b>7 Quellenverzeichnis.....</b>	<b>71</b>

## 1 Einleitung

Die Reduktion der Belastung für Gesundheit und Umwelt aus dem Verkehr ist eines der großen umweltpolitischen Ziele. Neben technischen und gesetzlichen Maßnahmen, wie der Forcierung von Biokraftstoffen und Anreizen für Dieselpartikelfilter, spielt auch die Förderung umweltfreundlicher Verkehrsarten eine wesentliche Rolle für die Erreichung der Umweltziele. Die Förderung des Radverkehrs, der nicht nur keine Emissionen verursacht, sondern auch durch die körperliche Aktivität gesundheitsfördernd ist, hat einen hohen Stellenwert (vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT, 2006, 3).

Die Förderung des Radverkehrs ist ein wichtiger Teilbereich zur Erreichung der Umweltziele in Österreich. Ein gesamtwirtschaftlicher Vergleich des Radverkehrs mit dem Pkw-Verkehr geht über die Umweltbelange und die gesundheitlichen Auswirkungen hinaus. Neben den Umweltkosten und dem Gesundheitsnutzen beider Verkehrsmittel werden weitere Kosten- und Nutzenfaktoren herangezogen und miteinander verglichen, wie beispielsweise:

- Unfallkosten
- Lärmkosten
- Betriebskosten

Durch eine monetäre Bewertung dieser Indikatoren lässt sich feststellen, wie die beiden Verkehrsmittel Pkw und Fahrrad gesamtwirtschaftlich wirken. Die Wirkungsweise lässt sich unterscheiden nach internen und externen Kosten bzw. Nutzen. Interne Effekte werden vom Nutzer selbst getragen, externe Effekte werden von der Allgemeinheit getragen (vgl. BECKER, GERIKE, WINTER, 2009, 26 ff). Als Gesamtwirtschaft wird die Gesamtheit aller in einem Wirtschaftsraum verbundenen und gegenseitig abhängigen Wirtschaftssubjekte (Haushalte, Unternehmen und der Staat) bezeichnet (vgl. WIKIPEDIA, 2010 a).

Die Indikatoren lassen sich den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit zuordnen. Der Begriff der Nachhaltigkeit setzt sich aus drei Komponenten zusammen, die auch als Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit bezeichnet werden:

- Die ökologische Nachhaltigkeit
- Die ökonomische Nachhaltigkeit
- Die soziale Nachhaltigkeit

(vgl. BECKER, GERIKE, WINTER, 2009, 14 ff)

## 2 Ziel der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit werden unterschiedliche Indikatoren herangezogen, um die beiden Verkehrsmittel Pkw und Fahrrad gesamtwirtschaftlich zu vergleichen. Es wird darauf geachtet, repräsentative Indikatoren aus allen drei Dimensionen der Nachhaltigkeit zu wählen. Es werden vorwiegend jene Indikatoren verwendet, die wissenschaftlich belegbar mit quantitativen Werten beziffert werden können. Als Einheit wird bei allen Indikatoren Eurocent pro Kilometer [ct/km] gewählt. Im weiteren Verlauf der Arbeit steht die Abkürzung [ct] für €-Cent. Der Fokus liegt hier auf den externen Effekten, also anfallenden Kosten (z. B. Unfälle, Umwelt) bzw. Nutzen (Gesundheit), die die Allgemeinheit, die Gesellschaft trägt bzw. davon profitiert. Um das Ergebnis abzurunden finden sich zusätzlich weitere Indikatoren in der Arbeit, die ausschließlich qualitativer Natur sind. Diese können (noch) nicht mit konkreten Zahlen in die Gegenüberstellung einfließen, sie geben lediglich einen Ausblick, welche weiteren Effekte zusätzlich zu quantifizieren wären.

Am Beispiel der Stadt Wien wird gezeigt, welche gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen die Nutzung von Pkw und Fahrrad haben und wie sich diese Auswirkungen bei einer Änderung der Verkehrsmittelwahl von Pkw und Fahrrad verhalten. Das Fahrrad kann nur auf kurzen Wegen mit dem Pkw konkurrieren. Welche Wege dafür in Frage kommen, wird basierend auf einer Potenzialanalyse für die Stadt Wien (SOCIALDATA, 2007) untersucht.

Es wird also folgende Hypothese aufgestellt, die im Verlauf der Arbeit auf ihre Richtigkeit überprüft werden soll:

**Das Fahrrad wirkt als Verkehrsmittel in der Stadt gesamtwirtschaftlich günstiger als der Pkw, gemessen an Indikatoren aus den drei Nachhaltigkeitsdimensionen. Bei einer Verschiebung des Modal Splits weg vom Pkw in Richtung Fahrrad bildet sich ein gesamtwirtschaftlicher Nutzen. Hierzu werden die verursachten gesamtwirtschaftlichen Effekte der beiden Verkehrsmittel gegenübergestellt.**

## 3 Interne & externe Effekte, Nachhaltigkeit

### Interne & externe Effekte

Interne Kosten werden innerhalb der Gesamtwirtschaft vom Verkehrsteilnehmer selbst getragen. Ein Beispiel dafür sind die Betriebskosten des Pkws oder Fahrrads. Der Fahrzeughalter kommt in diesem Fall selbst für die entstehenden Kosten auf, seien es nun Investitions- oder laufende Kosten. (vgl. BECKER, GERIKE, WINTER, 2009, 26 ff)

Bei externen Kosten innerhalb der Gesamtwirtschaft sind zusätzlich zu Nachfragern und Anbietern, die normalerweise am Markt den Austausch eines Gutes aushandeln, Dritte involviert. Zu diesen Dritten gibt es ebenso eine Austauschbeziehung, allerdings außerhalb des Marktes und ohne Einigung über Leistung und Gegenleistung. Ein Beispiel dafür ist die Belastung der Luft mit Autoabgasen. Hier besteht eine Austauschbeziehung zwischen dem Fahrenden, dem Verursacher der Abgasbelastung und den Anrainern als Betroffene. Es werden also Abgase gegen Verkehr getauscht ohne dabei die Anwohner nach ihrer Meinung zu fragen. (vgl. BECKER, GERIKE, WINTER, 2009, 26 ff)

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird nicht näher darauf eingegangen, wie diese externen Kosten internalisiert werden (Eigentumsrechte, Steuern, Gebühren, etc.), sondern es soll vielmehr der gesamtwirtschaftliche Vergleich des Fahrradverkehrs mit dem Pkw-Verkehr aufgezeigt werden.

Externer Nutzen wird in der Literatur definiert als Nutzen eines Gutes für den Einzelnen, ohne dafür ausreichend bezahlen zu müssen (vgl. WIKIPEDIA, 2010 b). Ein Beispiel ist die Freude an einem vorbeifahrenden Oldtimer oder an einem imponierenden Brückenbauwerk (vgl. ECKEY ET AL., 2000, 249). Anders betrachtet ist externer Nutzen ein Nutzen für die Allgemeinheit, der durch ein bestimmtes Verhalten einer einzelnen Personen oder Gruppe entsteht.

Bei der gesamtwirtschaftlichen Betrachtung der beiden Verkehrsmittel Fahrrad und Pkw müssen Steuern und Subventionen aus den Kosten herausgerechnet werden, da sie Maßnahmen einer Umverteilung sind (bei Steuern zugunsten und bei Subventionen zu Lasten des Staates) und nicht realen ökonomischen Werteverzehr zum Ausdruck bringen (vgl. ECKEY ET AL., 2000, 64).

## Nachhaltigkeit

Der Begriff der Nachhaltigkeit kommt ursprünglich aus der Forstwirtschaft. Gegen Ende des Mittelalters hatte der unkontrollierte Holzeinschlag auf dem Gebiet des heutigen Deutschlands zu einer Holzknappheit geführt. Weite Teile der ehemals großen Wälder waren abgeholzt. Aus dieser Not heraus setzte sich schließlich am Ende des 18. Jahrhunderts das Prinzip der Nachhaltigkeit innerhalb der Forstordnung durch. Dieses Prinzip bestand darin, nur soviel Holz einzuschlagen, wie der Wald verkraften kann, also soviel Holz wie nachwachsen kann. Der Leitsatz lautete: „Lebe von den Zinsen des Waldes“.

Ausgangspunkt der heutigen Nachhaltigkeitsdiskussion ist vor allem die Arbeit der World Commission on Environment and Development (WCED) der United Nations (UN). Diese veröffentlichte im Jahr 1987 den Bericht „Our Common Future“, benannt nach der Vorsitzenden der WCED Gro Harlem Brundtland, den so genannten „Brundtland-Bericht“. Der englische Begriff „sustainable“ wird in diesem Fall mit „dauerhaft“ übersetzt und folgendermaßen definiert:

„Dauerhafte Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“  
(WCED, 1987, 46)

Dies verdeutlicht den anthropozentrischen Ansatz der Brundtland-Definition, in deren Mittelpunkt der Mensch und seine Bedürfnisse gestellt werden. Ein weiteres wichtiges Kennzeichen dieser Definition ist die Grundorientierung auf die Gerechtigkeit zwischen den heute lebenden Menschen und allen künftigen Generationen (intra- und intergenerative Gerechtigkeit): auch zukünftige Generationen sollen die Möglichkeit zur Befriedigung ihrer Bedürfnisse haben.

Der Brundtlandbericht ist die Basis der Agenda 21, die ein Aktionsprogramm für eine umweltverträgliche, nachhaltige Entwicklung darstellt. Dieses Programm wurde auf der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen (UNCED) in Rio de Janeiro 1992 verabschiedet.

Eine nachhaltige Entwicklung im Sinne der Agenda 21 steht auf drei gleichberechtigten, die Gesellschaft tragende Säulen:

- Die **soziale Säule** spiegelt die Forderungen nach intra- und intergenerativer Gerechtigkeit wider: Gleichwertige Chancen sollen sowohl zwischen den Menschen

unterschiedlicher Regionen zu einem bestimmten Zeitpunkt als auch zwischen Menschen unterschiedlicher Generationen bestehen.

- Die **ökologische Säule** fordert den Erhalt der Umwelt, insoweit diese für den Menschen und die Befriedigung seiner sozialen und wirtschaftlichen Bedürfnisse notwendig ist.
- Die **ökonomische Säule** zielt auf den materiellen Wohlstand der Menschen ab und somit auf die Frage, wie gut die Bedürfnisse über Waren und Dienstleistungen abgedeckt werden können.

Sollen mittel- und langfristig großes menschliches Leid und schwere Umweltschäden vermieden werden, gibt es zu einem klaren Bekenntnis zu nachhaltiger Entwicklung keine Alternative. Für die Zukunft der Menschheit ist ein ökonomisch, ökologisch und sozial intaktes Gefüge notwendig. In einer globalisierten Welt kann dies keine Nation für sich alleine sicherstellen – vielmehr ist eine weltweite Allianz für eine nachhaltige Entwicklung notwendig.

(vgl. BECKER, GERIKE, WINTER, 2009, 14 ff)

Im Verkehrsbereich gibt es zur ganzheitlichen Beurteilung der nachhaltigen Entwicklung erste Ansätze von Verfahren. Eine beispielhafte Anwendung mit dem Versuch einer kompletten Wertsynthese und Quantifizierung der Nachhaltigkeitskriterien ist in einer Untersuchung über Mobilitätsszenarien im Jahre 2035 für den Ballungsraum Wien dokumentiert (vgl. SAMMER ET AL., 2004). Der Ist-Zustand, die Trendentwicklung sowie die Maßnahmenzenarien wurden mit einem „Index der nachhaltigen Mobilität“ bewertet (Abbildung 3.1). Für dieses Verfahren wurde die Bezeichnung „Nachhaltige Entwicklungsanalyse (NEA)“ vorgeschlagen.



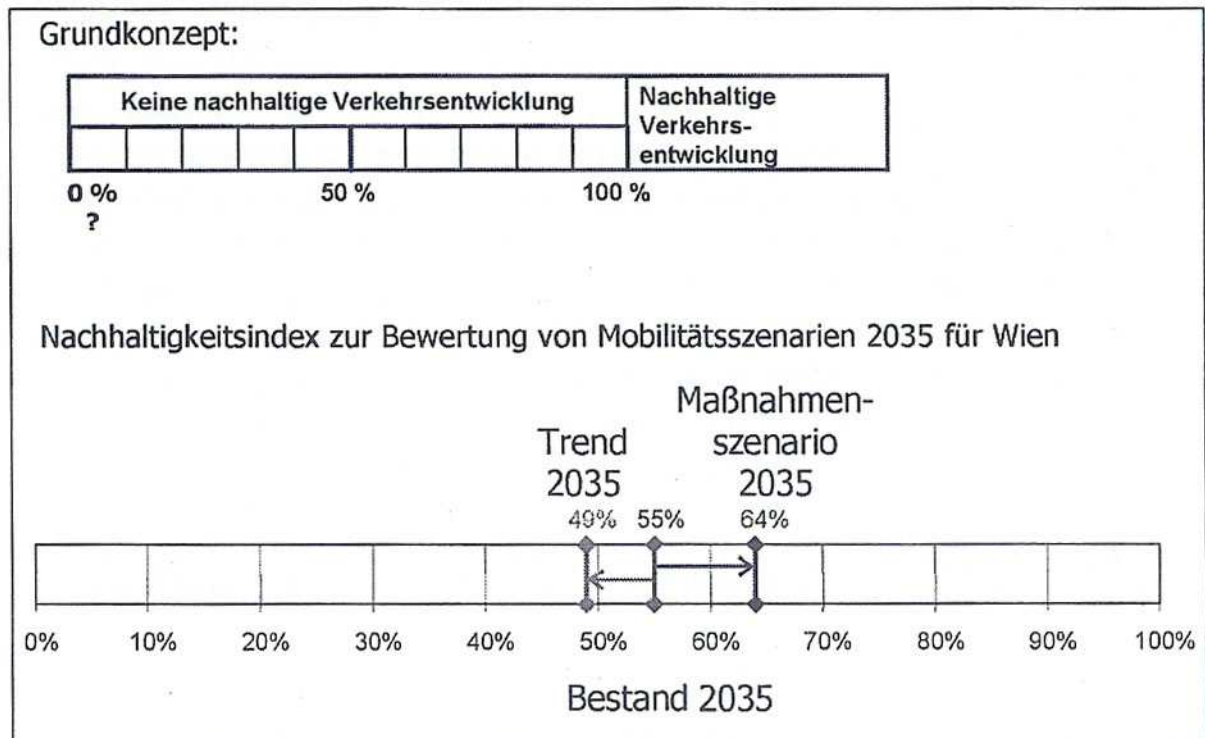


Abb. 3.1: Bewertungsindex der nachhaltigen Entwicklung (Nachhaltigkeitsindex), Grundkonzept und Beispiel im Rahmen der Mobilitätsszenarien für den Ballungsraum Wien (SAMMER, 2008, 53)

Dieser in Abbildung 3.1 dargestellte Index versucht den komplexen Begriff der nachhaltigen Entwicklung im Sinne einer Wertsynthese in einer Variablen mit einer Einheit zusammenzufassen. Der Bewertungsindex für eine nachhaltige Entwicklung hat einen Skalenbereich, in dem die Entwicklung als nachhaltig (rechts, oberhalb des Skalenwertes 100 %) und einen Skalenbereich als nicht nachhaltig (links, unterhalb des Skalenwertes 100 %) bewertet wird. Das ermöglicht weiters eine Relativierung und Bewertung, wie weit ein nicht nachhaltiger Zustand von dem Zielwert der Nachhaltigkeit entfernt ist. Die untere Bewertungsgrenze von 0 % ist als eine in den Bezug auf den Zustand der Nachhaltigkeit schlechteste Situation zu bewerten. Ein Skalenwert, der knapp über 100 % liegt, bedeutet eine geringere Sicherheit und Stabilität des als nachhaltig beurteilten Zustandes als ein Wert, der weit über 100 % liegt. In Abbildung 3.1 ist ein Beispiel für die Bewertung der verkehrlichen Ist-Situation und für zwei Maßnahmen-szenarien dokumentiert. Der Ist-Zustand der verkehrlichen Entwicklung im Ballungsraum Wien wird mit einem Bewertungsindex von 55 % eingeschätzt. Das Trendszenario der verkehrlichen Entwicklung zeigt einen Wert von 49 % auf. Das bedeutet, die Trendentwicklung verschlechtert die heutige Situation um sechs Prozentpunkte. Das untersuchte Maßnahmen-szenario würde die Situation signifikant verbessern. Allerdings würde selbst mit dem Maßnahmen-szenario der erwünschte Zustand der Nachhaltigkeit der verkehrlichen Entwicklung nicht erreicht werden. Der

Bewertungsindex einer nachhaltigen Entwicklung ermöglicht also einerseits eine Beobachtung der laufenden Entwicklung und andererseits die Beurteilung von Maßnahmen in Bezug auf einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung in nachvollziehbarer, standardisierter Form (vgl. SAMMER, 2008, 52ff).

Eine Bewertung der Nachhaltigkeit verschiedener Verkehrssituationen nach diesem Schema wird in der vorliegenden Arbeit nicht gemacht. Diese Ausführung soll lediglich als Exkurs dienen, wie Nachhaltigkeit im Verkehrswesen bewertet werden kann. Im weiteren Verlauf der Arbeit erfolgt ein gesamtwirtschaftlicher Vergleich der beiden Verkehrsmittel Pkw und Fahrrad anhand von Indikatoren, die aus den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit stammen.

## 4 Indikatoren aus den drei Feldern der Nachhaltigkeit

Im folgenden Abschnitt werden die recherchierten Indikatoren vorgestellt und beschrieben. Kriterien hierfür sind v. a.:

- Aktualität
- Wissenschaftlicher Beleg
- Nachvollziehbarkeit
- Österreich- bzw. Wienbezug

Im Folgenden eine Kurzübersicht über die quantitativen Indikatoren und ihre Zuordnung zu den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit:

### Ökonomie:

- Betriebskosten
- Reisezeitkosten
- Infrastrukturkosten

### Soziales:

- Gesundheitsnutzen
- Unfallkosten

### Ökologie:

- Lärmkosten
- Schadstoffkosten
- Klimakosten

Alle in diesem Kapitel behandelten Indikatorwerte wurden (wenn nicht anders angegeben) bereits auf das Preisniveau von 2009 umgerechnet. Dies erfolgte in den meisten Fällen über den harmonisierten Verbraucherpreisindex. Die Werte des Gesundheitsnutzens beim Fahrradfahren sowie die Daten der Unfallkostenrechnung wurden mittels der Fortschreibung des BIP/Kopf auf das Niveau von 2009 gebracht, wie in den jeweiligen Quellen empfohlen (vgl. BMVIT, 2007 sowie LEBENS MINISTERIUM, 2009 b).

Die recherchierten Werte für Kosten und Nutzen sind ohne Steuern und Subventionen angegeben, da Steuern und Subventionen Maßnahmen einer Umverteilung sind (bei Steuern zugunsten und bei Subventionen zu Lasten des Staates) und nicht realen ökonomischen Werteverzehr zum Ausdruck bringen (vgl. ECKEY ET AL., 2000, 64).

In den folgenden Unterkapiteln werden nicht nur die für den aggregierten Indikator verwendeten Werte beschrieben, sondern auch die in der Literatur gefundenen Alternativwerte für die verschiedenen Indikatoren besprochen samt Begründung, warum welche Werte für die Szenarien herangezogen werden.

In diesem Zusammenhang werden von den möglichen Auswirkungen, die für das Radfahren sprechen, nur die gesichert nachgewiesenen Werte angesetzt. Andere, ebenfalls positive Auswirkungen, werden nicht berücksichtigt. Dieser konservative Ansatz verhindert, dass das Radfahren in der weiteren Betrachtung gegenüber dem Pkw bevorteilt wird.

Mit diesen Indikatoren erfolgt der gesamtwirtschaftliche Vergleich zwischen Pkw und Fahrrad. Als Orientierung für die Auswahl der Indikatoren dienten vor allem FSV (2010), HEINE (2005) und PHILIPP ET AL. (2006). FSV (2010, 19ff) führt bei der standardisierten Kosten-Nutzen-Analyse zum gesamtwirtschaftlichen Vergleich verschiedener Verkehrsprojekte folgende Indikatoren an:

- Infrastrukturkosten
- Fahrzeugbetriebskosten
- Reisezeitkosten
- Unfallkosten
- Umweltkosten (Lärm, Schadstoffe, Klima)
- Nutzen des induzierten Verkehrs (bei Verkehrsprojekten)

HEINE (2005, 86ff) empfiehlt ein repräsentatives Indikatorenset, mit dessen Hilfe sich Verkehrsmaßnahmen in Bezug auf ihren Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung beschreiben und bewerten lassen. Dieses wurde nach den Kriterien Repräsentativität aller relevanten Themenbereiche, Aussagekraft in Bezug auf nachhaltige Entwicklung, geringer Erhebungsaufwand und Überschaubarkeit zusammengestellt. Es umfasst 27 Indikatoren und drei Zusatzindikatoren. Zur überblicksmäßigen Einschätzung von Verkehrsmaßnahmen in Bezug auf nachhaltige Entwicklung wurden aus diesen dreißig Indikatoren sieben Schlüsselindikatoren ausgewählt. Die sieben Schlüsselindikatoren beschreiben:

- Lärmbelastung
- Schadstoffbelastung
- CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Flächenverbrauch
- Tote und Verletzte
- Durchschnittliche Fahrzeit und Fahrtstrecke
- Preise für BenutzerInnen

In PHILIPP ET AL. (2006, 32) werden Auswirkungen des Verkehrs auf die Nachhaltigkeitsdimensionen Wirtschaft, Umwelt und Soziale Gesellschaft aufgelistet. Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Indikatoren sind auch dort enthalten.

## 4.1 Betrieb

Die im folgenden erläuterten Betriebskosten für Fahrrad und Pkw wurden von der Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, kurz FSV, ermittelt und in der Richtlinie RVS 02.01.22 (FSV 2010) veröffentlicht.

In FSV (2010, 24ff) setzen sich die Fahrzeugbetriebskosten aus den Fahrzeugbetriebskostengrundwerten, den Fahrpersonalkosten (bei Fahrrad und Pkw werden diese als Zeitkosten erfasst – siehe Kapitel 4.2) und den Energiekosten zusammen. Die Fahrzeugbetriebskostengrundwerte bestehen aus folgenden Komponenten:

- Investitionen und Kapitaldienst (Abschreibung und Verzinsung für die Verkehrsmittel)
- Wartungs- und Reparaturkosten
- Fahrzeugabstellkosten

Die Fahrzeugbetriebskosten bestehen aus einer fahrleistungsabhängigen und fahrzeitabhängigen Komponente, die beide zu berücksichtigen sind.

Tab. 4.1: Fahrleistungs- und fahrzeitabhängige Fahrzeugbetriebskosten für Fahrrad und Pkw – ohne Steuern (vgl. FSV, 2010, 25)

<b>Fahrzeug</b>	<b>fahrleistungsabhängig [ct/km]</b>	<b>fahrzeitabhängig [ct/h]</b>
Fahrrad	4,8	81
Pkw	11,9	580

Es fehlen in dieser Aufstellung noch die Energiekosten (vgl. FSV, 2010, 25). Die Energiekosten errechnen sich mit dem „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ (vgl. HBEFA, 2004). Eine Erläuterung dieses Computermodells findet sich in Kapitel 4.6 Schadstoffe. Die Basisparameter in HBEFA für diese Berechnungen sind:

- Verkehrssituation innerorts (IO\_LSA3) für warme Emissionsfaktoren – Bei dieser HBEFA-Verkehrssituation kommt die verwendete Pkw-Durchschnittsgeschwindigkeit von 24,1 km/h der Pkw-Durchschnittsgeschwindigkeit in Wien laut MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2010) mit 25 km/h am nächsten.
- Bezugsjahr 2010
- Pkw-Flotte Österreich (Berücksichtigung der Aufteilung in Benzin- und Dieselfahrzeuge sowie der Altersstruktur der Pkw-Flotte)

Tab. 4.2: Parameter für die Energiekostenberechnung Pkw

	<b>Benzin</b>	<b>Diesel</b>	<b>Quelle</b>
<b>Anteil an der Pkw-Flotte [%]</b>	45,3	54,7	STATISTIK AUSTRIA (2010)
<b>Emissionsfaktor [g/km]</b>	60,073	48,770	HBEFA (2004)
<b>Spezifisches Gewicht [g/l]</b>	750	830	ARAL (2010)
<b>Kraftstoffpreis [ct/l]<sup>a</sup></b>	45	50	FSV (2010)

<sup>a</sup> In FSV (2010, 25) werden die um die Steuer bereinigten Kraftstoffpreise zum Preisstand 2009 angegeben.

Somit ergeben sich die durchschnittlichen Energiekosten für Pkws (gewichtet nach Diesel- und Benzin-Autos) zu 3,2 ct/km nach folgender Formel:

$$EK = EFB / SGB * KPB * AB + EFD / SGD * KPD * AD$$

Die Abkürzungen in der Formel haben folgende Bedeutung:

- EK: Energiekosten [ct/km]
- EFB: Emissionsfaktor Benzin [g/km]
- SGB: spezifisches Gewicht Benzin [g/l]
- KPB: Kraftstoffpreis Benzin [ct/l]
- AB: Anteil der Benzin-Pkws an der Pkw-Flotte [%]
- EFD: Emissionsfaktor Diesel [g/km]
- SGD: spezifisches Gewicht Diesel [g/l]
- KPD: Kraftstoffpreis Diesel [ct/l]
- AD: Anteil der Diesel-Pkws an der Pkw-Flotte [%]

Laut FSV (2010) werden die fahrleistungsabhängigen und die zeitabhängigen Komponenten addiert, um schlussendlich die gesamten Betriebskosten zu erhalten (beim Pkw kommen die Energiekosten noch hinzu). Dazu werden die zeitabhängigen Betriebskosten mittels der Durchschnittsgeschwindigkeit umgewandelt. Aus Tabelle 4.3 sind die recherchierten Durchschnittsgeschwindigkeiten ersichtlich. Die mittlere Geschwindigkeit für das Fahrrad in Wien wurde im Rahmen der Mobilitätsuntersuchung TU Univercity 2015 (vgl. EMBERGER, 2009) unter den Studierenden und Mitarbeitern der TU Wien erhoben. Die Durchschnittsgeschwindigkeit für den Pkw in Wien stammt aus dem Wiener Verkehrsmodell der Magistratsabteilung 18 (vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2010).

Tab. 4.3: Durchschnittsgeschwindigkeiten Fahrrad und Pkw in Wien

<b>Fahrzeug</b>	<b>Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]</b>	<b>Quelle</b>
Fahrrad	15	EMBERGER (2009, 19)
Pkw	25	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2010)

Somit ergeben sich die Gesamtbetriebskosten pro Kilometer in Tabelle 4.4 aus folgender Formel:

$$\text{GBK} = \text{FBK} + \text{ZBK} / \text{DSG} (+ \text{EK})$$

Die Abkürzungen in der Formel haben folgende Bedeutung:

GBK: Gesamtbetriebskosten [ct/km]

FBK: fahrleistungsabhängige Betriebskosten [ct/km]

ZBK: zeitabhängige Betriebskosten [ct/h]

DSG: Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]

EK: Energiekosten (beim Pkw) [ct/km]

Tab. 4.4: Gesamtbetriebskosten für Fahrrad und Pkw

<b>Fahrzeug</b>	<b>Gesamtbetriebskosten [ct/km]</b>
Fahrrad / 15 km/h	10,20
Pkw / 25 km/h	38,30

Alternative Betriebskostenangaben gibt es noch vom ÖAMTC, allerdings nur für den Pkw und nicht für das Fahrrad. Es werden die Werte auf Jahresbasis genannt. So fallen für einen dieselgetriebenen Pkw 1.188 €/Jahr und für einen benzingetriebenen Pkw 1.447 €/Jahr an. Der ÖAMTC berücksichtigt in seiner Berechnung Tankkosten/Jahr, Mineralölsteuer, Mehrwertsteuer in Benzin, jährliche motorbezogene Versicherungssteuer sowie die Jahresmautvignette (vgl. ÖAMTC, 2010). Da in diese Werte jedoch keinerlei Investitions- und Instandhaltungskosten für den Pkw miteinfließen, werden sie aufgrund ihrer Unvollständigkeit in der weiteren Arbeit nicht verwendet. Die in diesen Werten enthaltene Steuer ist nicht geeignet für einen gesamtwirtschaftlichen Vergleich. Die Basis dieser Werte (bezogen auf das Jahr) ist ungeeignet für die Szenarienrechnung.

Interessante Daten existieren ebenfalls für Dänemark. Dort werden 4,43 ct/km als laufende Kosten für das Fahrrad und 29,56 ct/km für den Pkw genannt (vgl. COPENHAGEN, 2010).



Vergleicht man diese Werte mit den österreichischen, so fällt auf, dass die Betriebskosten für das Fahrrad in Dänemark ca. die Hälfte der österreichischen Kosten betragen. Beim Pkw liegen die dänischen Kosten knapp unter den österreichischen Kosten. Genaue Analysen über die Abweichungen konnten nicht gemacht werden, da aus der Quelle nicht hervorgeht, welche Kostenkomponenten hier genau einfließen. Somit fehlt die Basis zur Anwendung bzw. Umrechnung für Österreich.

## 4.2 Reisezeit

Um Reise- bzw. Transportzeiten mit anderen Wirkungen im Rahmen einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung vergleichbar zu machen, ist eine Monetarisierung notwendig. Diese erfolgt mit Hilfe von Zeitkostensätzen, es sind monetär ausgedrückte Werte der Zeiteinheit. (vgl. FSV, 2010, 26)

Tab. 4.5: Reisezeitkosten im Verkehr (vgl. FSV, 2010, 26)

<b>Reisezweck</b>	<b>Kostensatz [€/Personenstunde]</b>
Geschäftsverkehr	30,00
Berufspendelverkehr	11,00
Ausbildungsverkehr	8,00
Freizeitverkehr	8,00
Einkaufsverkehr	8,00
Erledigungsverkehr	8,00

Um im nächsten Schritt einen gewichteten Mittelwert für die Reisezeitkosten aus obiger Tabelle zu berechnen, werden die Anteile der Wege nach Wegzweck benötigt.

Tab. 4.6: Anteil der Wege nach Wegzweck (vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2006, 15ff)

<b>Reisezweck</b>	<b>Anteil an den Gesamtwegen [%]</b>
Geschäftsverkehr	6 %
Berufspendelverkehr	22 %
Ausbildungsverkehr	9 %
Freizeitverkehr	31 %
Einkaufsverkehr	26 %
Erledigungsverkehr	6%

Der gewichtete Mittelwert für die Reisezeitkosten berechnet sich aus den Tabellen 4.5 und 4.6 zu 9,98 €/Personenstunde. Um die gewünschte Zieleinheit [ct/km] zu erhalten ist eine Umrechnung mittels der Durchschnittsgeschwindigkeit für Fahrrad und Pkw in Wien notwendig. Verwendet werden dieselben Geschwindigkeiten wie im vorangegangenen Kapitel (siehe Tabelle 4.3). Die Reisezeitkosten in [ct/km] ergeben sich nach folgender Formel:

$$\text{RZK(km)} = \text{RZK(Ph)} / \text{DSG} * 100 * \text{BG}$$

Die Abkürzungen in der Formel haben folgende Bedeutung:

RZK(km):	Reisezeitkosten bezogen auf den Kilometer [ct/km]
RZK(Ph):	Reisezeitkosten bezogen auf die Personenstunde [€/Personenstunde]
DSG:	Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]
100:	Umrechnungswert, um die Zieleinheit [ct/km] zu erhalten
BG:	Besetzungsgrad – ergibt sich beim Pkw bei 25 % - Anteil der Pkw-Fahrer und bei 9 % - Anteil der Mitfahrer am Modal Split (vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2008, 15) zu 1,36 (beim Fahrrad ist der Besetzungsgrad gleich 1)

Es ergeben sich die Reisezeitkosten für den Pkw zu 54,29 ct/km und für das Fahrrad zu 66,53 ct/km. Bei der Berechnung wird davon ausgegangen, dass die Anteile der Wege nach dem Reisezweck bei beiden Verkehrsmitteln der Gesamtaufteilung über alle Verkehrsmittel im Modal Split entsprechen. Unterschiedliche Besetzungsgrade bei den verschiedenen Wegzwecken werden nicht berücksichtigt.

Die Reisezeitkosten werden als interne Kosten angesetzt. Beim Vergleich des Pkw- mit dem Radverkehr kann diese Komponente aus der Perspektive des Pkws als Nutzen angesehen werden, da die Durchschnittsgeschwindigkeit beim Pkw höher ist als beim Fahrrad. Die Nutzenarten, die durch den Pkw entstehen (z.B. Zeitersparnis), sind in der Regel interne Nutzenarten, die auf den Nutzer des Fahrzeugs beschränkt sind (vgl. UPI, 2010).

### 4.3 Infrastruktur

Zur Ermittlung durchschnittlicher Investitions- und Wartungskosten für Radwege und Stadtstraßen wurde die Wiener MA 28 – Straßenverwaltung und Straßenbau kontaktiert. Die folgenden Ausführungen basieren auf MAGISTRATSABTEILUNG 28 (2010).

In den schlussendlichen Gesamtindikator in Cent pro gefahrenen Kilometer am Ende dieses Kapitels werden die Infrastrukturkosten nicht miteinbezogen. Das liegt an der abweichenden Basis dieses Indikators, denn hier handelt es sich um Kosten pro Kilometer Infrastruktur, bei den weiteren Indikatoren um Kosten pro gefahrenen Kilometer. In Kapitel 5 (Radverkehrsszenarien für die Wiener Bevölkerung) werden diese Kosten berücksichtigt, um die Kosten für zusätzliche Radverkehrsinfrastruktur zu berücksichtigen.

#### 4.3.1 Investitionskosten

Tab. 4.7: Investitionskosten von Infrastrukturprojekten in Wien ohne Umsatzsteuer (vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 28, 2010)

Infrastruktur	Anmerkung	Kosten [€/km]
Zweirichtungsradweg	2,0 m breit + 0,6 m Schutzstreifen	220.000
Einrichtungsradweg	1,0 m breit + 0,6 m Schutzstreifen	160.000
Stadtstraße	2,0 m Parkspur + 5,75 m Fahrbahn + 2,0 m Parkspur	1.100.000
Mehrzweckstreifen	Durch Markierung auf der Fahrbahn hergestellt	7.500

Man sieht, dass die Infrastrukturkosten für den allgemeinen Straßenverkehr höher sind als für den Fahrradverkehr. Bei den Infrastrukturkosten für das Fahrrad muss angemerkt werden, dass die Kosten zwischen einem Mehrzweckstreifen (preiswerteste Infrastruktur für Radfahrer, da eine bestehende Kfz-Infrastruktur mittels Markierung mitgenutzt wird) und einem Zweirichtungsradweg (teuerste Infrastruktur für Radfahrer) differieren. Es wird sich hier also ein Mischpreis zwischen den verschiedenen Ausführungen für Radfahrer ergeben.

#### 4.3.2 Instandhaltungskosten

Typische Instandhaltungskosten für Stadtstraßen und Radwege liegen in der MA 28 nicht auf. Die Kosten sind von vielen Faktoren abhängig, die eine generelle Aussage hierfür nicht zulassen. Ein wesentliche Faktor ist z.B. ein hoher Schwerverkehranteil durch Bauvorhaben (Aushub, Beton usw.). Generell kann natürlich gesagt werden, dass die

Instandhaltungskosten bei baulich getrennten Radwegen, auf Grund der geringen Verkehrsbelastung, geringer ausfallen werden als bei vom motorisierten Verkehr befahrenen Straßen. Laufende Kosten für Gemeindestraßen werden in FSV (2010, 23) mit 3.500 €/Fahrstreifen-km und Jahr beziffert.

Infrastrukturkosten werden auch in Dänemark veröffentlicht für die Stadt Kopenhagen. Diese werden wie folgt aufgeführt (vgl. COPENHAGEN, 2010):

- 1.000.000 €/km Radweg
- 67.000 €/km Radstreifen
- 13.000.000 €/km Autobahn

Diese Werte differieren stark von den oben angeführten Referenzwerten für Wien und sind nicht nachvollziehbar. Ebenso fehlen Angaben für den innerstädtischen Pkw-Verkehr. Deswegen sind sie hier nur der Vollständigkeit halber angeführt.

### **4.3.3 Beschäftigungseffekte**

HALLER (2008) untersucht die Beschäftigungseffekte von Verkehrsinfrastruktur-Investitionen in Österreich. Es wird unterschieden in direkte, indirekte und induzierte Effekte. Die Beschäftigungseffekte beim Bau sind direkt auf die Planung und Erstellung von Infrastrukturanlagen bzw. auf die Investitionsausgaben, die dafür getätigt werden müssen zurückzuführen. Diese Ausgaben führen nicht nur bei den unmittelbar betroffenen Unternehmen zu Umsatz, Wertschöpfung und Beschäftigung (direkte Effekte) sondern auch bei deren Zulieferern. Diese beziehen Vorleistungen von anderen Unternehmen (indirekte Effekte). Ein weiterer Effekt ergibt sich dadurch, dass die direkt und indirekt Beschäftigten einen Teil ihres Einkommens für Konsum und Investitionen ausgeben und so weitere Umsätze und Beschäftigung generieren (induzierte Effekte).

HALLER (2008) quantifiziert die Beschäftigungseffekte in Beschäftigtenjahre pro Mrd. Euro Investition. Herausgearbeitet werden die Beschäftigungseffekte beim Bau differenziert nach Verkehrsarten. Basis für diese Ergebnisse sind zwei Studien, aus den Jahren 1982 und 1999, wobei die Ergebnisse auf einen einheitlichen Preisstand des Jahres 2000 gebracht wurden. Die geringsten Beschäftigungseffekte werden einheitlich für den Bereich des Fernstraßenbaus mit knapp über 10.000 Beschäftigungsjahren ermittelt. Sehr hohe Beschäftigungseffekte werden hingegen – ebenfalls übereinstimmend in beiden Studien – für den Bereich der Verkehrsberuhigung (Radinfrastruktur, etc.) ausgewiesen. Es ergeben sich

hier Effekte von 16.000 bzw. 26.000 Personenjahren pro Mrd. Euro. Im folgenden eine Übersicht über die verschiedenen Verkehrsarten:

Tab. 4.8: Beschäftigungseffekte verschiedener Arten von Verkehrsinfrastruktur in Beschäftigungsjahren pro Mrd. Euro Investitionsvolumen – Preise 2000 (vgl. HALLER, 2008, 29)

<b>Infrastrukturkategorie</b>	<b>Studie 1999</b>	<b>Studie 1982</b>
<b>Hochrangiges Straßennetz</b>	10.189	10.387
<b>Niederrangiges Straßennetz</b>	12.109	13.142-24.894
<b>Verkehrsberuhigung, Radwege</b>	15.935	26.076
<b>ÖPNV</b>	16.441	19.806
<b>Eisenbahn</b>	16.299	16.830

Der Bau großer Infrastrukturprojekte wird häufig als Wirtschaftsimpuls für die betroffene Region angesehen. Um das zu beurteilen benötigt man Ergebnisse zur räumlichen Verteilung der Beschäftigungseffekte. In Österreich wurden in den letzten Jahrzehnten zwei Studien erstellt, in denen entsprechende Daten gesammelt wurden. Diese dienen hier als Basis zum Vergleich der regionalen Beschäftigungseffekte des Tunnelbaus und von kleinräumigen Verkehrsberuhigungsmaßnahmen. HALLER (2008) zieht eine Studie über die wirtschaftlichen Auswirkungen des Arlberg Straßentunnels und eine Studie über ein Dorf- und Stadterneuerungsprogramm in Salzburg heran. Die aus den beiden Studien ermittelten Beschäftigungseffekte passen gut mit den beiden vorher erwähnten Studien der Jahre 1982 und 1999 überein: Der Arlberg tunnel (11.000 Beschäftigungsjahre) hat eine geringere Beschäftigungswirksamkeit als die Dorf- und Stadterneuerung (25.000 Beschäftigungsjahre). Der regionale Anteil am gesamten Beschäftigungseffekt liegt bei der Dorf- und Stadterneuerung bei circa 70% während beim Tunnelbau nur knapp 40% der Beschäftigten aus der Region kommen.

Fazit von HALLER (2008): Bei der Unterscheidung nach Infrastrukturarten führen Maßnahmen im Bereich des nicht motorisierten und des öffentlichen Verkehrs zu höheren Beschäftigungseffekten als die Errichtung zusätzlicher Infrastruktur für den motorisierten Individualverkehr. In räumlicher Hinsicht stellt sich heraus, dass kleinräumige Maßnahmen wie die Verkehrsberuhigung geographisch wesentlich konzentrierter zur Arbeitsplatzschaffung beitragen, als Großprojekte des Tunnelbaus.

Das kann auch als Essenz für die vorliegende Arbeit übernommen werden. Es zeigt, dass Infrastrukturmaßnahmen zur Verkehrsberuhigung (inkl. Radinfrastrukturmaßnahmen) höhere Beschäftigungseffekte mit sich bringen als Infrastrukturmaßnahmen für den Kfz-Verkehr.

## 4.4 Gesundheitliche Auswirkungen

Das Lebensministerium Österreichs verwendet zur Berechnung der gesundheitlichen Auswirkungen des Radfahrens einen Kalkulator. Dieser Kalkulator sowie das zugrunde liegende Projekt sollen hier im Folgenden vorgestellt werden. Die Ausführungen orientieren sich, wenn nicht anders angegeben, an LEBENS MINISTERIUM (2009 a).

Es handelt sich um die Umsetzung des Projekts „Support of safe cycling and walking in urban areas“ im Paneuropäischen Programm Verkehr, Gesundheit, Umwelt (THE PEP). Grundlage sind die Ergebnisse eines Workshops des Nordischen Rats, der im Februar 2005 in Stockholm zum Thema „Kosten-Nutzen-Analyse des Radfahrens“ gehalten wurde. Dazu war die WHO zur Unterstützung der weiteren Entwicklung von Methoden zur Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen des Radfahrens eingeladen worden. Das Projekt wurde durch eine Kerngruppe mit Unterstützung einer internationalen Beratergruppe bestehend aus Ökonomen, Experten aus den Bereichen Gesundheit und Bewegung sowie Verkehrsfachleuten entwickelt.

### 4.4.1 Methodische Fragen

Als Hintergrund zur Entwicklung der Leitlinie wurden verschiedene Grundsätze vereinbart:

- Die vorgeschlagene Methode muss auf den besten verfügbaren Daten, eindeutigen Quellen und Erläuterungen sowie Begründungen für alle Annahmen und Beschränkungen basieren.
- Die Methode der wirtschaftlichen Beurteilung sollte genauso evidenzbasiert wie möglichst einfach zu benutzen sein.

Bei der wirtschaftlichen Beurteilung der gesundheitlichen Auswirkungen des Radfahrens ist zu überlegen, welche gesundheitlichen Aspekte in der Beurteilung enthalten sein sollen. Körperliche Aktivität wirkt sich positiv auf viele Teilbereiche der Morbidität (Krankheitshäufigkeit) wie u.a. Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlaganfall, Diabetes, einigen Krebsarten, auf die Gesundheit des Bewegungsapparates sowie auf Aspekte der geistigen Gesundheit aus, einschließlich Angstneurosen und Depression, Reduzierung von Stürzen älterer Menschen und Verbesserung der allgemeinen Lebensqualität (vgl. PEDERSEN ET AL., 2006 und BULL ET AL., 2004). Bei Bewegungsmangel ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass diese Zivilisationskrankheiten auftreten. Ein Verursacher für den Bewegungsmangel in unserer Gesellschaft ist das Kfz. Es verleitet Menschen durch sein verlockendes Angebot (geringer Aufwand von Körperenergie) zu Bequemlichkeit. Aktuell gibt es im Zusammenhang



mit der Krankheitshäufigkeit (Morbidität) jedoch keine so eindeutigen Daten wie im Zusammenhang mit Sterblichkeit (Mortalität). Aus diesem Grund würde die Berücksichtigung der Morbidität in einer wirtschaftlichen Beurteilung zu einer größeren Ungewissheit führen. Deswegen wird hier mit einem konservativen Ansatz (ausschließlicher Fokus auf die Gesamtmortalität) an die Ermittlung des Gesundheitsnutzens herangegangen.

Die Mortalität, Sterblichkeit oder Sterberate ist ein Begriff aus der Demografie. Sie bezeichnet die Anzahl der Todesfälle, bezogen auf die Gesamtanzahl der Individuen. Werden zwei Bevölkerungen oder Bevölkerungsgruppen miteinander verglichen, so kann damit das relative Risiko errechnet werden. Das relative Risiko wird meist ausgedrückt als Risiko von Krankheit oder Tod in einer exponierten Gruppe im Vergleich zu einer nicht exponierten. Exposition kann dabei in der deskriptiven Epidemiologie auch bedeuten, dass ein Individuum an einem bestimmten Ort lebt oder als Mann oder Frau zur Welt gekommen ist. Ein gleiches relatives Risiko zwischen Exponierten und Nichtexponierten entspricht einem Risikoquotienten von 1. Ein Risikoquotient von kleiner 1 (bspw. 0,72 bei Radfahrern) entspricht einer geringeren Sterberate (vgl. INFEKTIONSNETZ, 2010).

Zahlreiche Studien haben stichhaltige und eindeutige Belege für die Verbindung zwischen körperlicher Untätigkeit und einem erhöhten Ablebensrisiko aufgezeigt. Von besonderer Relevanz sind hier die Ergebnisse des Kopenhagener Zentrums für Prospektive Bevölkerungsstudien, das in einer Langzeitstudie an 30.640 Probanden feststellte, dass im Vergleich zu Personen, die nicht mit dem Rad zur Arbeit fahren, das Ablebensrisiko von Personen, die drei Tage pro Woche mit dem Rad zur Arbeit fahren, erheblich reduziert war (vgl. ANDERSEN ET AL., 2000, 1626). Die verfügbaren Daten legen eine lineare oder kurvenförmige Dosis-Wirkungs-Beziehung nahe, ohne dass es Belege für einen Schwellenwert gibt.

Substitution von Bewegung:

Des Weiteren wird empfohlen, die Substitution von Bewegung so weit wie möglich in wirtschaftlichen Analysen zu berücksichtigen. Das heißt es sollte nicht davon ausgegangen werden, dass eine Zunahme des Radfahrens automatisch zu einer Zunahme körperlicher Aktivitäten insgesamt führt (da jemand möglicherweise mehr Rad fährt, infolgedessen aber weniger sonstige Bewegung macht). Auch hier führt die Substitution von Aktivitäten zu eher konservativen Schätzungen.

Alter der Radfahrer:

Die Expertengruppe kam ferner zu dem Schluss, dass sich wirtschaftliche Beurteilungen in erster Linie und anhand des aktuellen Wissensstandes nur auf Erwachsene konzentrieren sollen. Ein Modell, das Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität im Kindesalter und Änderungen in der Mortalität oder Morbidität Erwachsener herstellt, würde auf zu vielen (unsicheren) Annahmen basieren.

Schadstoffbelastung:

Es stellt sich bei diesem Thema die Frage der möglichen Wechselwirkungen zwischen Bewegung beim Radfahren und der Belastung durch Luftverschmutzung im Straßenverkehr. Leider gibt es keine systematischen Studien zum Thema aktiver Verkehr und körperliche Aktivitäten, welche die möglichen negativen Auswirkungen der Luftverschmutzung berücksichtigen. Die Ergebnisse einzelner Luftverschmutzungsstudien (vgl. VAN WIJNEN ET AL., 1995), unterschieden sich je nach Art des untersuchten Luftschadstoffes. ENVIRONMENTAL TRANSPORT ASSOCIATION (1997) kommt zu dem Schluss, dass Pkw-Passagiere ein weitaus höheres Maß an Luftschadstoffen aufnehmen als Radfahrer, Fußgeher oder Bus-Passagiere. Diese Studien deuten ferner an, dass der gesundheitliche Nutzen aus einer sportlichen Betätigung wahrscheinlich größer ist als die möglichen negativen Auswirkungen der Luftverschmutzung.

Unfallrisiko:

Eine weitere mögliche abträgliche Auswirkung auf den Nutzen des Radfahrens könnte sich aus dem höheren Unfallrisiko ergeben. Insgesamt legen die Daten verschiedener Studien (vgl. JACOBSEN, 2003) nahe, dass bei einer Steigerung des Radanteils mit entsprechender Verkehrsplanung und Sicherheitsmaßnahmen, Radfahrer aller Wahrscheinlichkeit nach vom „Schutz der Masse“ Effekt profitieren werden. Weitere Ausführungen zur Jacobsen-Studie werden in Kapitel 4.5 gemacht. In einem konservativen Modell könnte angenommen werden, dass das Risiko für Verletzungen im Straßenverkehr pro gefahrenen Kilometer unverändert bleibt.

#### **4.4.2 Kalkulator zur volkswirtschaftlichen Evaluierung**

Der Kalkulator kann in verschiedenen Situationen angewendet werden, vor allem ist er hilfreich bei der Beantwortung folgender Frage:

Wenn  $x$  Personen an den meisten Tagen die Distanz  $y$  mit dem Fahrrad zurücklegen, wie wird die Gesamtmortalität verbessert?

Das „Health Economic Assessment Tool for Cycling“, kurz HEAT, stützt sich auf die relativen Risikodaten erhoben vom Kopenhagener Zentrum für Prospektive Bevölkerungsstudien (vgl. ANDERSEN ET AL., 2000), die bei regelmäßig Fahrrad fahrenden Personen zwischen 20 und 60 Jahren ein relatives Risiko der Gesamtmortalität von 0,72 feststellten. Das Tool verwendet die durch den Nutzer eingegebenen Daten, um den Gesamtwert der Einsparungen aufgrund der sinkenden Gesamtmortalität bei diesen Radfahrern zu berechnen. Die Senkung des Risikos in Zusammenhang mit den tatsächlich mit dem Rad gefahrenen Tagen wird basierend auf Schätzungen der Gesamtanzahl der Tage, an denen Rad gefahren wurde und der durchschnittlichen Geschwindigkeit berechnet. Weiters berechnet das Tool eine umfassende Einsparungsschätzung.

Stärken des Veranschaulichungsmodells:

- Verwendet veröffentlichte Daten zum Sterblichkeitsrisiko
- Berücksichtigt die Länge des Weges / zurückgelegte Entfernung
- Berücksichtigt die Dauer des Radfahrens und geht aus von einer linearen Dosis – Wirkungs – Beziehung zwischen der per Fahrrad zurückgelegten Entfernung und der Verringerung des Todesrisikos

Grenzen des vorliegenden Ansatzes:

- Berücksichtigt Männer und Frauen nicht getrennt
- Berücksichtigt nicht die unterschiedlichen relativen Risiken verschiedener Altersgruppen
- Berücksichtigt nicht die Morbidität und ist daher in den erstellten Schätzungen eher konservativ

In DE HARTOG ET AL. (2010, 37ff) werden Studien zum potentiellen Einfluss der physischen Aktivität auf die Sterblichkeit verglichen. Die Bandbreite für das relative Risiko geht von 0,50 bis 0,90. Das relative Risiko aus ANDERSEN ET AL. (2000) von 0,72 wird in diesem Vergleich als Durchschnittswert bestätigt. Kritisch angemerkt wird in DE HARTOG ET AL. (2010, 16), dass die ermittelten Auswirkungen des Radfahrens auf die Sterblichkeit in ANDERSEN ET AL. (2000) Nettoauswirkungen sind. Denn es handelt sich um die positiven gesundheitlichen Auswirkungen des Radfahrens abzüglich der negativen Auswirkungen durch Schadstoffbelastung und Unfälle. Diese verschiedenen Einflüsse auf die Sterblichkeit werden nicht getrennt voneinander behandelt. Für die vorliegende Arbeit bedeutet das, dass der verwendete Gesundheitsnutzen bereits um einen unbekanntem Nutzenanteil verringert ist und das zu einer konservativen Abschätzung des Gesundheitsnutzens führt.

#### 4.4.3 Ergebnisse Wien

Das Tool benötigt eine Reihe von Eingangsparametern für die Berechnung der Ergebnisse, wie beispielsweise den maximalen jährlichen Nutzen. Der für die vorliegende Arbeit wichtige Wert ist die Einsparung pro zurückgelegten Fahrradkilometer durch die körperliche Betätigung. Um diesen Wert zu berechnen, werden folgende vier Eingangsparameter erfordert.

Tab. 4.9: Eingangswerte für den Gesundheitskalkulator zur Ermittlung der Einsparung pro zurückgelegten Fahrradkilometer durch die körperliche Betätigung

Parameter	Wert	Einheit	Quelle
<b>Statistischer Wert des Lebens (mittels BIP/Kopf auf 2009 fortgeschrieben) <sup>a</sup></b>	1.965.623	€/Pers.	LEBENSMINISTERIUM (2009 b, 15)
<b>Anteil der arbeitsfähigen Bevölkerung, die je Jahr verstirbt</b>	0,2646	%	LEBENSMINISTERIUM (2009 b, 15)
<b>Relatives Risiko der Gesamtmortalität von Radfahrern <sup>b</sup></b>	0,72	-	ANDERSEN ET AL. (2000, 1627)
<b>Zurückgelegte Entfernung je Jahr in Kopenhagen mit dem Fahrrad <sup>c</sup></b>	1620	km	LEBENSMINISTERIUM (2009 c)

<sup>a</sup> Ohne die indirekten Steuern und Subventionen in Österreich

<sup>b</sup> Relatives Risiko der Gesamtmortalität von Personen, die drei Stunden pro Woche mit dem Rad zu Arbeit fahren, im Vergleich zu Personen, die nicht mit dem Rad zur Arbeit fahren

<sup>c</sup> Berechnung der Radverkehrsleistung in Kopenhagen basiert auf einer Geschwindigkeit von 15 km/h und einer Fahrradnutzung von drei Stunden pro Radfahrer und Woche in 36 Wochen im Jahr

Die genaue Verarbeitung dieser Daten kann anhand von LEBENSMINISTERIUM (2009 c) nachvollzogen werden. Die Einsparung pro zurückgelegten Fahrradkilometer durch die körperliche Betätigung wird im Kalkulator durch folgende Formel berechnet:

$$\text{GKB} = \text{WML} * \text{SR} * (1 - \text{RR}) / (\text{ZEK} * 100)$$

Die Abkürzungen in der Formel haben folgende Bedeutung:

GKB: Gesamtwirtschaftlicher Einsparungswert pro zurückgelegten Fahrradkilometer durch die körperliche Betätigung [ct/km]

WML: Statistischer Wert des menschlichen Lebens [€/Person]

- SR: Anteil der Bevölkerungsgruppe der 20 bis 65-jährigen, der je Jahr verstirbt (Sterberate) [%]
- RR: Relatives Risiko [-]
- ZEK: Zurückgelegte Entfernung (mit dem Fahrrad im Durchschnitt) je Person und Jahr in Kopenhagen [km]
- 100: Umrechnungsfaktor, um die Zieleinheit [ct/km] zu erhalten

Die Ergebnisse für Kopenhagen aus ANDERSEN ET AL. (2000) werden so auf Wien umgerechnet. Mit dieser Formel ergibt sich die Einsparung pro zurückgelegten Fahrradkilometer durch die körperliche Betätigung zu 89,89 Cent. Das ist der Wert für 2009. Er wurde mit einer Fortschreibung mittels BIP/Kopf aus dem Wert für 2005 (Kalkulator-Ergebnis) ermittelt. Der Kalkulator liefert als Ergebnis für die Einsparung pro zurückgelegten Fahrradkilometer durch die körperliche Betätigung einen Wert von 85,80 ct/km. Dieser (im Gegensatz zu den weiteren Indikatoren) hohe Wert wurde nach Rücksprache sowohl vom Lebensministerium als auch von einer Autorin der HEAT-Studie bestätigt (vgl. LEBENSMINISTERIUM, 2010 a sowie WHO, 2010).

Der Gesundheitsnutzen spiegelt den Nutzen für die Gesellschaft aufgrund der geringeren Mortalität wider. Es handelt sich bei den 89,89 ct/km ausschließlich um einen externen Nutzen. Für einen internen Nutzen müssten zusätzlich u.a. das Wohlbefinden bzw. der private Nutzen durch eine bessere Gesundheit monetär bewertet werden. (vgl. LEBENSMINISTERIUM, 2010 b). Aktuell gibt es im Zusammenhang mit Morbidität (Krankheitshäufigkeit) jedoch keine so eindeutigen Daten wie im Zusammenhang mit Sterblichkeit. Aus diesem Grund würde die Berücksichtigung der Morbidität in einer wirtschaftlichen Beurteilung zu einer größeren Ungewissheit führen. Dieser interne Anteil des Gesundheitsnutzens würde den Gesamtnutzen erhöhen.

#### **4.4.4 Alternative Werte**

Eine Alternative zu diesem Ansatz verwendet die Stadt Kopenhagen. Trotz intensivem Kontakt mit der Stadt Kopenhagen, konnte deren Ansatz nicht bis ins Detail geklärt werden. Die zugrunde liegenden Studien sind ausschließlich in Dänisch verlegt worden. Im Folgenden sollen trotzdem kurz die wichtigsten Zahlen aufgelistet werden sowie der Charakter des Ansatzes. Kopenhagen verwendet einen anderen Ansatz als das „Health Economic Assessment Tool for Cycling“, denn es berechnet den Nutzen, der aus der geringeren Krankheitshäufigkeit durch die Bewegung beim Radfahren zustande kommt. Diese Ersparnisse setzen sich einerseits zusammen aus den dadurch geringeren Kosten für

das Gesundheitssystem und andererseits aus dem geringeren Produktionsausfall. In JENSEN (2007, 5ff) wird aufgeführt, dass 1 km Radfahren einen Nutzen von 74,29 ct/km mit sich bringt. Dieser Nutzen teilt sich folgendermaßen auf: 20,63 ct/km Ersparnis des Gesundheitssystems durch weniger Behandlungen sowie 53,66 ct/km Ersparnis durch weniger Produktionsausfall.

JENSEN (2007) basiert auf JUEL ET. AL (2006). Diese Studie ist wie bereits erwähnt nur auf Dänisch aufgelegt und kann somit nicht für eine tiefergehende Analyse herangezogen werden. Somit werden diese Werte lediglich als Information aufgeführt, nicht jedoch weiterverwendet, da aufgrund einer fehlenden Übersetzung ins Deutsche oder Englische nicht eruiert werden kann, ob diese Zahlen auch auf Österreich umlegbar sind.

## 4.5 Lärm

Lärm wird definiert als unerwünschtes Geräusch, das Menschen psychologischen oder physiologischen Schaden zufügt. Lärmkosten bestehen aus zwei negativen Einflusstypen:

- **Belästigungskosten:** Verkehrslärm verursacht unerwünschte gesellschaftliche Störungen, die in sozialen und ökonomischen Kosten durch Unannehmlichkeiten oder Belästigungen (bis hin zu Schmerzen) resultieren.
- **Gesundheitskosten:** Verkehrslärm kann Gesundheitsschäden verursachen. Gehörschäden können von Geräuschpegeln über 85 dB(A) ausgelöst werden, während geringere Pegel (über 60 dB(A)) sich in Stressreaktionen äußern können, z. B. eine Änderung der Herzschlagfrequenz, Bluthochdruck oder hormonellen Änderungen. (vgl. MAIBACH, SCHREYER ET AL., 2008, 61 ff)

Die Maßeinheit für Lärm ist Dezibel (dB). Diese Einheit hat eine logarithmische Skala, die das logarithmische Verhalten des menschlichen Ohrs bezogen auf den Schalldruck widerspiegelt. Da das Ohr auf manche Frequenzbereiche sensibler reagiert als auf andere, wurde zusätzlich eine Frequenzbewertung eingeführt. Die am meisten verbreitete Frequenzbewertung ist die so genannte A-Frequenzbewertung, also dB(A).

Die logarithmische Natur des Lärms findet sich ebenso in der Beziehung von Lärm und Verkehrsstärke wieder. Halbiert man oder verdoppelt man die Verkehrsstärke, so verändert sich der Lärmpegel um 3 dB. Das bedeutet, dass ein Anstieg der Verkehrsstärke von 50 auf 100 Fahrzeuge pro Stunde denselben Anstieg des Lärmpegels (+3 dB) verursacht wie ein Anstieg von 500 auf 1000 Fahrzeugen.

Lärmgrenzkosten werden definiert als zusätzliche Lärmkosten, die entstehen, wenn ein Fahrzeug zum bestehenden Verkehr dazugefügt wird. Ist die existierende Verkehrsmenge bereits sehr hoch, so wird ein zusätzliches Fahrzeug den bestehenden Lärmpegel kaum erhöhen. (vgl. MAIBACH, SCHREYER ET AL., 2008, 61 ff)

In der vorliegenden Arbeit wird mit den Lärmgrenzkosten gearbeitet, um damit die Lärmkosten in [ct/km] darzustellen. Das erleichtert die Rechenarbeit in Kapitel 5. MAIBACH, SCHREYER ET AL. (2008) kommt zu dem Schluss, dass die Lärmgrenzkosten unter den Lärmdurchschnittskosten liegen, somit kommt es auch hier zu eher konservativen Abschätzungen. Lärmgrenzkosten werden mittels Bottom-Up – Ansatz ermittelt. Der Startpunkt für diesen Ansatz ist der Mikrolevel, zum Beispiel der Verkehrsfluss auf einer

bestimmten Straße. Zwei Szenarien werden kalkuliert: das Referenzszenario spiegelt den aktuellen Zustand der Straße wider mittels Verkehrsstärke, Geschwindigkeitsverteilung, Fahrzeugtechnologie, usw., und ein Grenzszenario. Das Grenzszenario basiert auf dem Referenzszenario, beinhaltet jedoch ein zusätzliches Fahrzeug. Die Lärmgrenzkosten werden durch den Unterschied der Schadenskosten der beiden Szenarien ermittelt.

MAIBACH, SCHREYER ET AL. (2008) vergleicht unterschiedliche Studien zu Lärmgrenzkosten des Straßenverkehrs und kommt zu dem Schluss, dass die ermittelten Zahlen in BANFI, DOLL ET AL. (2000) einen brauchbaren europäischen Mittelwert repräsentieren bezüglich der Lärmbelastungsformeln, der Eingangswerte und dem Niveau der Differenzierung. Im Vergleich zu anderen Studien werden diese Werte stark differenziert bezogen auf verschiedene Verkehrssituationen, lokale Randbedingungen und Tageszeit (auch wenn hier eine wünschenswerte Differenzierung in Tag – Abend – Nacht fehlt).

Auf Lärmgrenzkosten wurde bereits weiter oben kurz eingegangen. Eine weitere entscheidende Charakteristik ist die Wechselwirkung zwischen der Anzahl der Geräuschquellen, der emittierten Schallenergie, der räumlichen Ausbreitung des Lärms und seine Wahrnehmung durch das menschliche Ohr. Auf der Immissionsseite spielen die Anzahl der betroffenen Anwohner und deren Sensibilität gegenüber Lärmbelästigung (determiniert durch den Typ der Landnutzung und der Tageszeit) eine große Rolle. Aufgrund dieser Anzahl der beeinflussenden Parameter ist die Anwendung von anspruchsvollen Emissions-Ausbreitungs-Modellen auf bestimmte Szenarios (Verkehrssituationen und Besiedlungsstrukturen) wichtig, um konkrete Werte von Lärmgrenzkosten zu ermitteln. (vgl. BANFI, DOLL ET AL., 2000, 31ff)

Die ausgewählten Szenarien bezogen auf drei entscheidende Charakteristika sind:

- Drei verschiedenen Typen der Landnutzung (Land, Vorstadt, Stadt)
- Zwei Zeitperioden (Tag, Nacht)
- Zwei Verkehrszustände (locker, dicht)



Die Eingangsparameter für die unterschiedlichen Szenarien sind in Tabelle 4.10 ersichtlich:

Tab. 4.10: Eingangswerte zur Lärmgrenzkostenermittlung (vgl. BANFI, DOLL ET AL., 2000, 32)

Gebiet	Land		Stadttrand		Stadt	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
<b>Tageszeit</b>						
<b>Ziel Level [dB(A)]</b>	50	40	60	50	70	60
<b>Entfernung zur Straße [m]</b>	100		20		10	
<b>Besiedlungsdichte [%]</b>	10		50		80	
<b>Einwohner pro Kilometer Straße</b>	500		500		2000	
<b>Betroffene Einwohner pro Kilometer Straße</b>	50		250		3000	
<b>Verkehrsdichte niedrig [Kfz/h]</b>	2.400		1.200		800	
<b>Verkehrsdichte hoch [Kfz/h]</b>	6.800		4.800		2.650	
<b>Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]</b>	130		80		40	
<b>Lkw-Anteil [%]</b>	15		10		5	
<b>Spezifischer Aufschlag [db(A)]</b>	-		-		+3,2	

Der spezifische Aufschlag in Tabelle 4.10 bezieht sich auf Lärmreflexionen des Straßenverkehrs in bebautem Gebiet.

Mit diesen Eingangsparametern ergeben sich folgende (europäische) Werte in [ct/km] für den Pkw:

Tab. 4.11: Lärmgrenzkosten in [ct/km] für verschiedene Tageszeiten und Siedlungsdichten (vgl. MAIBACH, SCHREYER ET AL., 2008, 69)

Tageszeit	Stadt	Stadttrand	Land
<b>Tag</b>	0,90	0,14	0,01
<b>Nacht</b>	1,64	0,26	0,04

Die für diese Arbeit wichtigen Werte sind:

Tag: 0,90 ct/Kfz-km (Pkw – innerorts)

Nacht: 1,64 ct/Kfz-km (Pkw – innerorts)

Kritisch angemerkt werden muss, dass es sich hierbei nicht um spezifisch österreichische Werte, sondern um europäische handelt. Des Weiteren sind zwar die Eingangswerte bekannt, jedoch wird auf den eigentlichen Berechnungsweg nicht näher eingegangen.

Im Szenarienkapitel wird nicht nach Tageszeiten unterschieden, somit wird ein Gesamtwert benötigt, der die Lärmkosten über 24 Stunden abdeckt. Dazu wird eine typische Tagesganglinie für Wien ausgewertet, um einen gewichteten Mittelwert aus dem Tag- und Nachtwert zu errechnen. Es ergibt sich eine relative Verteilung der stündlichen Verkehrsstärken von 84 % tagsüber (7h – 22h) und von 16 % nachts (22h – 7h). Somit berechnet sich ein gewichteter Mittelwert der Lärmkosten zu 1,02 ct/km. Lärmkosten sind zu 100% externe Kosten, sie werden nicht von den Nutzern der jeweiligen Verkehrsmitteln getragen.

## 4.6 Unfälle

Unfallkosten setzen sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. In dieser Arbeit werden die Unfallkosten für Wien ermittelt, indem die Unfallstatistiken des Kuratoriums für Verkehrssicherheit (vgl. KURATORIUM FÜR VERKEHRSSICHERHEIT, 2010 a) herangezogen werden, verbunden mit den Kostensätzen für Verletzte und Tote aus BMVIT (2007).

Eine detaillierte Unfallstatistik (Aufteilung der Verletzten in Leicht- und Schwerverletzte) des Jahres 2009 für Wien wurde auf Nachfrage vom KfV geliefert:

Tab. 4.12: Unfallstatistik für Wien 2009 (vgl. KURATORIUM FÜR VERKEHRSSICHERHEIT, 2010 b)

<b>Bilanz 2009</b>	<b>Pkw</b>	<b>Rad</b>
<b>Tote</b>	7	1
<b>Schwerverletzte</b>	125	70
<b>Leichtverletzte</b>	2.799	482

Die Kostensätze Unfälle mit Toten, Schwer-, Leichtverletzten und Sachschäden finden sich in BMVIT (2007). In Tabelle 4.13 sind sie bereits auf 2009 mittels des fortlaufenden BIP/Kopf umgerechnet.

Tab. 4.13: Kostensätze für Unfälle (vgl. BMVIT, 2007, IV)

<b>Kosten / Toten [€]</b>	2.836.956
<b>Kosten / Schwerverletzten [€]</b>	335.725
<b>Kosten / Leichtverletzten [€]</b>	24.085
<b>Kosten / Sachschaden [€]</b>	4.697

Diese Kosten repräsentieren die Gesamtunfallkosten (interne und externe). Sie decken sich mit einer Ausnahme (Sachschadenkosten) mit den Kostensätzen, die in FSV (2010) veranschlagt werden. In FSV (2010, 28) wird als Kostensatz für Sachschäden ein Wert von 85.921 € angesetzt. Dieser Wert scheint etwas hoch für Unfälle in der Stadt, v. a. mit dem Fahrrad. Aus diesem Grund wird im weiteren Verlauf ausschließlich mit den Kostensätzen von BMVIT (2007) aus Tabelle 4.13 gerechnet.

Über die Aufteilung in externe und interne Kosten herrscht international keine einheitliche Vorgehensweise. Einige Posten sind relativ klar aufzuteilen, die größten Differenzen gibt es bei der Zuordnung des „Wertes des menschlichen Leids bezüglich der Sicherheit im Verkehr“. Schlussfolgerungen aus der Beobachtung internationaler Tendenzen zu diesem

Themenbereich sollen in der nächsten Unfallkostenrechnung ihren Eingang finden und in eine Aufteilung der Unfallkosten in verkehrssystem-interne und –externe Kosten münden. Somit musste für die vorliegende Arbeit ein Ansatz gefunden werden, wie die aktuellen Unfallkosten aufgeteilt werden können in extern und intern. In BMVIT (2007) finden sich Aufgliederungen, wie sich die Kostensätze für Tote, Schwerverletzte, Leichtverletzte und Sachschäden aufteilen (in den Tabellen 4.14 bis 4.17 sind die Kostensätze auf das Jahr 2007 bezogen):

Tab. 4.14: Aufteilung der Durchschnittskosten pro Getöteten vgl. BMVIT (2007, XIV)

<b>Kostenträgerrechnung</b>		
<b>Durchschnittskosten pro Getöteten 2004 in EUR</b>		
Kostenart	Kosten	Anteil
Medizinische Behandlungskosten	3.207	0%
Verlust an Leistungspotenzial	1.281.688	52%
Polizeikosten	695	0%
Rettungskosten	248	0%
Verwaltungskosten der Versicherungen	759	0%
Rechtskosten (Rechtsschutz + Schadensabwehr)	181	0%
Zeitverluste	174	0%
Sonstige Kosten	52	0%
<i>Zwischensumme</i>	<i>1.287.004</i>	<i>52%</i>
Wert des menschlichen Leids	1.174.341	48%
<b>Unfallkosten 2004</b>	<b>2.461.345</b>	<b>100%</b>

Tab. 4.15: Aufteilung der Durchschnittskosten pro Schwerverletzten vgl. BMVIT (2007, XIV)

<b>Kostenträgerrechnung</b>		
<b>Durchschnittskosten pro Schwerverletzten 2004 in EUR</b>		
Kostenart	Kosten	Anteil
Medizinische Behandlungskosten	7.792	3%
Verlust an Leistungspotenzial	45.738	16%
Polizeikosten	695	0%
Rettungskosten	248	0%
Notarzthubschrauber	286	0%
Verwaltungskosten der Versicherungen	759	0%
Rechtskosten (Rechtsschutz + Schadensabwehr)	181	0%
Zeitverluste	174	0%
Sonstige Kosten	52	0%
<i>Zwischensumme</i>	55.925	19%
Wert des menschlichen Leids	235.350	81%
<b>Unfallkosten 2004</b>	<b>291.275</b>	<b>100%</b>

Tab. 4.16: Aufteilung der Durchschnittskosten pro Leichtverletzten vgl. BMVIT (2007, XV)

<b>Kostenträgerrechnung</b>		
<b>Durchschnittskosten pro Leichtverletzten 2004 in EUR</b>		
Kostenart	Kosten	Anteil
Medizinische Behandlungskosten	130	1%
Verlust an Leistungspotenzial	1.124	5%
Polizeikosten	124	1%
Rettungskosten	248	1%
Verwaltungskosten der Versicherungen	759	4%
Rechtskosten (Rechtsschutz + Schadensabwehr)	181	1%
Zeitverluste	174	1%
Sonstige Kosten	52	0%
<i>Zwischensumme</i>	2.792	13%
Wert des menschlichen Leids	18.104	87%
<b>Unfallkosten 2004</b>	<b>20.896</b>	<b>100%</b>

Tab. 4.17: Aufteilung der Durchschnittskosten Sachschaden pro Unfallereignis vgl. BMVIT (2007, XV)

<b>Kostenträgerrechnung</b>		
<b>Durchschnittskosten Sachschaden pro Unfallereignis 2004 in EUR</b>		
Kostenart	Kosten	Anteil
Kfz-Reparaturkosten	2.530	62%
Wertminderung	25	1%
Ausfallkosten	39	1%
Sonstige Sachschäden	266	7%
Polizeikosten	34	1%
Feuerwehreinsatz	15	0%
Verwaltungskosten der Versicherungen	899	22%
Rechtskosten (Rechtsschutz + Schadensabwehr)	215	5%
Sonstige Kosten	52	1%
<b>Summe</b>	<b>4.075</b>	<b>100%</b>

In BMVIT (2007, 7 ff.) sind verschiedene nationale und internationale Studien zu Unfallkosten aufgelistet, sowie deren Aufteilung (falls in der jeweiligen Studie behandelt) in externe und interne Unfallkosten. Daraus lässt sich folgende Tendenz ablesen:

- Sachschäden zu 100% intern
- Verlust an Leistungspotenzial bzw. Produktionsverluste zu 100% extern
- Der Wert des menschlichen Leids variiert zwischen komplett extern und überwiegend intern; somit wird dieser Wert in der vorliegenden Arbeit als je 50% extern und intern behandelt

Betrachtet man die Kostenträgeranteile in den obigen vier Tabellen, so kristallisieren sich die Produktionsverluste, sowie der Wert des menschlichen Leids als Hauptkostenträger heraus. Es werden in dieser Arbeit folgende Faktoren verwendet, um die Unfallkosten nach intern und extern aufzuteilen:

Tab. 4.18: Anteile interner und externer Kosten an den Unfallkostensätzen

<b>Kostensatz</b>	<b>Faktor extern</b>	<b>Faktor intern</b>
Getötete	75%	25%
Schwerverletzte	60%	40%
Leichtverletzte	60%	40%
Sachschaden	0%	100%

Mit folgenden Komponenten können nun die Unfallkosten in [ct/km] für die Stadt Wien im Jahr 2009 berechnet werden:

- Unfallstatistik aus KfV (2010)
- Kostensätze aus BMVIT (2007)
- Interne und externe Anteile an den Kostensätzen
- Verkehrsdaten der Stadt Wien

In den folgenden Tabellen soll diese Berechnung anschaulich dargestellt werden:

Tab. 4.19: Aufteilung der Unfallkostensätze in intern und extern

	<b>Intern</b>	<b>Extern</b>	<b>Gesamt</b>
<b>Kosten / Toten [€]</b>	709.239	2.127.717	2.836.956
<b>Kosten / Schwerverletzten [€]</b>	134.290	201.435	335.725
<b>Kosten / Leichtverletzten [€]</b>	9.634	14.451	24.085
<b>Kosten / Sachschaden [€]</b>	4.697	0	4.697

Aus den Tabellen 4.12, 4.13 und 4.19 ergeben sich für das Jahr 2009 folgende externe Unfallkosten und Gesamtunfallkosten aufgeteilt nach Schadensfällen:

Tab. 4.20: Gesamtunfallkosten und externe Unfallkosten pro Schadenskategorie für Wien 2009

<b>Kosten pro Schadensfall insg.</b>	<b>Pkw</b>	<b>Fahrrad</b>
<b>Kosten Tote [€]</b>	19.858.692	2.836.956
<b>Kosten Schwerverletzte [€]</b>	41.965.625	23.500.750
<b>Kosten Leichtverletzte [€]</b>	67.413.915	11.608.970
<b>Kosten Sachschaden [€]</b>	13.766.907	2.597.441
<b>Externe Unfallkosten</b>		
<b>Kosten Tote ext. [€]</b>	14.894.019	2.127.717
<b>Kosten Schwerverletzte ext. [€]</b>	25.179.375	14.100.450
<b>Kosten Leichtverletzte ext. [€]</b>	40.448.349	6.965.382
<b>Kosten Sachschaden ext. [€]</b>	0	0

Um nun diese Gesamtunfallkosten auf den Kilometer beziehen zu können, wird die Gesamtkilometerleistung der beiden Verkehrsmittel pro Jahr benötigt. Diese wird in der folgenden Tabelle ermittelt.

Tab. 4.21: Gefahrene Kilometer aller Fahrräder bzw. Pkws pro Jahr in Wien (Bevölkerungswert aus dem Jahr 2009, restliche Eingangswerte aus dem Jahr 2006)

Parameter	Wert	Einheit	Quelle
<b>Mittlere Weglänge Pkw der Wiener Bevölkerung</b>	7,5	km/Weg	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 13)
<b>Mittlere Weglänge Rad</b>	3,9	km/Weg	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 14)
<b>Anzahl der Wege pro Person und Tag <sup>a</sup></b>	2,86	Wege/Person	SOCIALDATA (2010)
<b>Anteil Wege Pkw-Lenker der Wiener Bevölkerung</b>	25	%	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 15)
<b>Anteil Wege Radfahrer</b>	4	%	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 15)
<b>Einwohner Wien</b>	1.692.067	Personen	STATISTIK AUSTRIA (2010)
<b>Pkw-Kilometer/Jahr der Wiener Bevölkerung</b>	3.312	Mio. km/a	Eigene Berechnung
<b>Pkw-Kilometer/Jahr der Nicht-Wiener</b>	718	Mio. km/a	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 13)
<b>Pkw-Kilometer/Jahr total</b>	4.030	Mio. km/a	Eigene Berechnung
<b>Rad-Kilometer/Jahr <sup>b</sup></b>	276	Mio. km/a	Eigene Berechnung

<sup>a</sup> In SOCIALDATA (2010) wird ein Wert von 2,7 Wegen pro Person und Tag genannt, exklusive dem Geschäftsverkehr. Der Geschäftsverkehr hat laut MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2006, 16) einen Anteil von 6% an allen Wegen, somit ergibt sich ein Wert von 2,86 Wegen pro Person und Tag.

<sup>b</sup> Der Anteil der Nicht-Wiener Radfahrer wird vernachlässigt.

Die Gesamtkilometer aller Pkw und Fahrräder pro Jahr wird nach folgender Formel ermittelt (hier dargestellt für das Fahrrad, Pkw-Kilometer/Jahr berechnen sich analog):

$$RK = MWR * AW * AWR * EW * 365$$

Die Abkürzungen in der Formel haben folgende Bedeutung:

RK: Rad-Kilometer pro Jahr [km/a]

MWR: Mittlere Weglänge Rad [km/Weg]

AW: Anzahl der Wege pro Person und Tag [Wege/Tag]

AWR: Anteil der zurückgelegten Wege mit dem Fahrrad [%]



EW: Einwohner Wien [Personen]

365: Anzahl der Tage pro Jahr [Tage/Jahr]

Die Eingangswerte für die Berechnung stammen aus dem Evaluierungsbericht des Masterplans Verkehr 2003 (MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2008). Berechnet man die Pkw-Fahrleistung der Wiener Bevölkerung aus diesen Eingangswerten nach obiger Formel ergibt sich ein Wert von 9,074 Mio. km/Tag. Im Evaluierungsbericht wird eine Pkw-Fahrleistung der Wiener Bevölkerung pro Tag von 9,946 Mio. km/Tag genannt (MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2008, 13). Dieser Wert liegt um ca. 10% über dem errechneten Wert (Tabelle 4.21), obwohl im errechneten Wert eine höhere Bevölkerungsanzahl (Werte aus 2009 statt aus 2006) und ein höherer Wert für die Anzahl der Wege pro Person und Tag (2,86 statt 2,7) herangezogen werden. In den weiteren Berechnungen wird der höhere Wert aus dem Evaluierungsbericht verwendet. Das ergibt auf die Zeitspanne eines Jahres hochgerechnet 3.630 Millionen km/Jahr der Wiener Bevölkerung und 4.348 Millionen km/Jahr insgesamt (Wiener und Nicht-Wiener).

Somit werden nun die Unfallkosten pro Kilometer für die beiden Verkehrsmittel mittels Division der Unfallkosten durch die gefahrenen Kilometer pro Verkehrsmittel und Jahr berechnet. Es erfolgen zwei alternative Berechnungen für die Gesamtunfallkosten bzw. für die externen Unfallkosten.

Tab. 4.22: Kilometerbezogene Unfallkosten für Wien

<b>Unfallkosten/km in Wien [ct/km]</b>	<b>Extern</b>	<b>Gesamt</b>
<b>Fahrrad</b>	8,42	14,71
<b>Pkw</b>	1,85	3,29

Es ergeben sich externe Unfallkosten für den Pkw von 1,85 ct/km und 8,42 ct/km für das Fahrrad. Es gibt einerseits mehr Unfälle und Unfallopfer beim Pkw-Verkehr, betrachtet man andererseits die viel höhere Summe der gefahrenen Pkw-Kilometer als gefahrenen Fahrrad-Kilometer in Wien, so wird schnell klar, dass die auf den Kilometer bezogenen Unfallkosten beim Fahrrad bei weitem über denen des Pkw liegen müssen.

Ebenso können nach demselben Schema die Gesamtunfallkosten (intern und extern) für Wien berechnet werden. Für diesen Fall werden die externen Faktoren für die Kostensätze weggelassen und die Gesamtkostensätze verwendet. Somit ergeben sich für diesen Fall Unfallkosten für den Pkw von 3,29 ct/km und für das Fahrrad 14,71 ct/km. Diese Ergebnisse betragen nicht ganz das Doppelte der externen Kosten, was nicht weiter überrascht, da bei

den Leicht- und Schwerverletzten ein externer Faktor von 60% angesetzt wurde und diese in der Statistik des KfV den Hauptanteil annimmt (siehe Tab. 4.12).

Diese Kosten beziehen sich jedoch nur auf Unfälle mit Personenschaden inklusive der dabei entstandenen Sachschäden, die in der Statistik des KfV erfasst werden. Reine Sachschadensunfälle werden hier nicht aufgelistet. Da Sachschäden nach BMVIT (2007, 7ff) nicht in die externen Unfallkosten eingehen, spielt es in diesem Fall keine Rolle. Die Gesamtunfallkosten werden durch diesen Umstand jedoch tendenziell unterschätzt.

Es finden sich in der Literatur alternative Werte für Unfallkosten in Österreich, zum Beispiel eine gute länderspezifische Auflistung externer Unfallkosten in MAIBACH, SCHREYER ET AL. (2008, 44). Hier wird ein Wert von 6,73 ct/km für den Pkw in Österreich angeführt. Wie dieser Wert genau ermittelt wird, geht aus der Studie nicht hervor. Er bezieht sich auf Österreich und ist nicht wienspezifisch. Dieser Wert kann nicht direkt mit dem in dieser Arbeit ermittelten verglichen werden.

Alternative Fahrradunfallkosten finden sich in Dänemark für die Stadt Kopenhagen (vgl. CITY OF COPENHAGEN, 2007, 14). In Kopenhagen werden umgerechnet 21,40 ct/km als Kosten für Fahrradunfälle veranschlagt. Diese Werte können jedoch nicht ohne weiteres für Österreich übernommen werden, denn auch hier fehlt eine Dokumentation um nachzuvollziehen, wie sie auf Österreich umgelegt werden könnten.

Zur Frage nach einer Veränderung der Häufigkeit von Fahrradunfällen bei einer Veränderung des Anteils des Radverkehrs ermittelt JACOBSEN (2003, 208) eine Zunahme der Unfallhäufigkeit der Radfahrer um 32% bei Verdoppelung des Fahrradverkehrs ( $2^{0,4} = 1,32$ ). Das individuelle Risiko für Radfahrer bei Verdoppelung des Fahrradverkehrs sinkt demnach auf 66% ( $2^{0,4}/2 = 0,66$ ). Die Studie JACOBSEN (2003) basiert auf publizierten Analysen, um die Anzahl der Fußgänger und Radfahrer mit den durch Kollisionen mit Kfz verursachten Verletzungen zu vergleichen. Gemäß dieser Studie besteht kein linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Radfahrer und der Anzahl der Unfälle von Radfahrern mit Kfz. Vielmehr sinkt die relative Unfallhäufigkeit bei Radfahrern, wenn deren Anzahl im Straßenverkehr zunimmt. Für Wien bedeutet dies, dass die spezifischen Unfallkosten der Radfahrer tendenziell fallen müssten, wenn es zu Steigerungen des Radfahranteils kommt (siehe angenommene Szenarien). Dies wird nicht berücksichtigt und konservativ mit gleich hohen Unfallkosten pro Kilometer in den Szenarien gerechnet. Ebenso bleibt unberücksichtigt, dass die Unfallgefährdung für den Radfahrer überwiegend vom Pkw ausgeht (vgl. WODITSCH, 1993 und TRAUB, 2006). TRAUB (2006, 166) ermittelt im

Untersuchungszeitraum vom 1.1.2002 bis zum 31.12.2004 am Wiener Radweg-Ring-Rund, dass 74 % aller Radunfälle mit Personenschaden zwischen Radfahrer und Pkw erfolgten. Falls die Pkw diese Unfälle mit schweren Folgen für die Radfahrer überwiegend verantworten müssten, könnte man nach dem Verursacherprinzip die Unfallkosten der Radfahrer auch teilweise dem Pkw-Verkehr anlasten. Das würde sich in der Kostenbilanz wiederum zu Gunsten des Radverkehrs auswirken und die Unfallkosten des Pkw-Verkehrs weiter erhöhen. In der vorliegenden Arbeit wird das Gefährdungsrisiko bei der Benutzung der jeweiligen Verkehrsmittel ermittelt und nicht die Gefährdung, die vom jeweiligen Verkehrsmittel ausgeht.

## 4.7 Schadstoffe

Die vom Kfz-Verkehr emittierten Schadstoffe nehmen bei den Auswirkungen des Verkehrs eine wichtige Stellung ein. Grob unterteilt man Schadstoffe in die Gruppen gasförmig, flüssig und fest/staubförmig. Die in diesem Kapitel behandelten Schadstoffe sind entweder gasförmig (CH, NO<sub>x</sub>) oder fest (Partikel).

### Stickoxide (NO<sub>x</sub>):

NO<sub>x</sub> ist die Bezeichnung für Stickstoffmonoxide NO und Stickstoffdioxide NO<sub>2</sub>. Ein großer Teil des NO wird luftchemisch zu NO<sub>2</sub> umgewandelt. NO hat eine niedrigere toxische Wirkung als NO<sub>2</sub>. NO<sub>2</sub> greift die Schleimhäute der Atmungsorgane an und begünstigt Atemwegserkrankungen.

Stickoxide entstehen als unerwünschte Nebenprodukte bei Verbrennungsprozessen mit hohen Temperaturen wie vor allem in Kraftfahrzeugmotoren und Kraftwerken. Wegen der direkten Ableitung der Abgase in den Aufenthaltsbereich des Menschen kommt dem Kraftfahrzeugverkehr hierbei eine besondere Bedeutung zu. Die Stickoxide entstehen vorrangig durch die Oxidation des Luftstickstoffs. Stickoxide tragen gemeinsam mit Kohlenwasserstoffen in der Atmosphäre zur Bildung von Ozon bei. (vgl. UMAD, 2010)

### Kohlenwasserstoffe (CH):

Bei den Kohlenwasserstoffverbindungen handelt es sich um Reste unvollständiger Kraftstoffverbrennung aus den Motorabgasen. Kohlenwasserstoffe spielen eine bedeutende Rolle bei der photochemischen Ozonentstehung. Benzol (Benzen) ist das einfachste und zugleich klassische Beispiel für aromatische Kohlenwasserstoffe. Hauptsächlich wird Benzol durch Abgase von Benzinmotoren emittiert. Benzoldämpfe sind beim Einatmen giftig, die Symptome akuter Vergiftungen treten erst bei relativ hohen Konzentrationen ein. Leichte Vergiftungen äußern sich in Schwindelgefühl, Brechreiz, Benommenheit und Apathie. Des Weiteren weist Benzol eine karzinogene Wirkung auf. (vgl. WIKIPEDIA, 2010 c)

### Partikuläre Schadstoffe – „Feinstaub“ (PM<sub>2,5/10</sub>):

Partikel sind sehr unterschiedlich bezüglich Größe und chemischer Zusammensetzung. Im Straßenverkehr entsteht Feinstaub durch Dieselmotoren bzw. Abrieb von Reifen, Bremsen und Straßenbelägen. Das Ausmaß der Auswirkung von Partikeln auf die Atemwege hängt, neben der Toxizität der Partikel (u. a. Blei, Vanadium, Beryllium und Quecksilber) auch von

der Größe der Partikel ab. Je kleiner ein Partikel ist, desto tiefer kann es in die Lunge eindringen. Feinstaub  $PM_{10}$  erreicht teilweise die Lunge, da die Filterwirkung des Nasen-Rachenraumes für feine Partikel mit weniger als 10 Mikrometer Durchmesser nicht ausreicht. So gelangen diese Teilchen bis in die Lungenbläschen (Alveolen) und werden von dort nur sehr langsam oder gar nicht wieder entfernt. (vgl. WIKIPEDIA, 2010 d)

### **Ermittlung der Schadstoffkosten**

HBEFA (Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs):

(vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2010)

Mit Hilfe des Computermodells „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ können Emissionsfaktoren für Straßenfahrzeuge ermittelt werden. Das Handbuch wurde in Kooperation mit Deutschland, der Schweiz und den Niederlanden erstellt. Österreichische Auftraggeber waren das Umweltbundesamt, das Lebensministeriums (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) und das BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie). Der Benutzer kann über die Eingabemaske unterschiedliche Parameter wählen und erhält eine Liste mit den gewünschten Emissionsfaktoren, angegeben in [g/km] (Emissionen bei "warmen" Motor im Fahrbetrieb). Die Emissionsfaktoren geben das Abgasverhalten in den realen Fahrsituationen wieder. Diesen Werten liegen zahlreiche Messungen und Untersuchungen der vergangenen Jahre zugrunde.

Berechnet werden jene Abgase, die tatsächlich während des Fahrbetriebes ausgestoßen werden. Dies ist deswegen von Bedeutung, da Untersuchungen gezeigt haben, dass die Emissionen in realen Fahrsituationen deutlich höher sein können, als es die Grenzwertgesetzgebung vermuten lässt. Das Handbuch liefert die Emissionsfaktoren für ungefähr 50 unterschiedliche Verkehrssituationen. Darüber hinaus können Durchschnittswerte für innerorts, außerorts und Autobahn sowie ein globaler Durchschnittswert berechnet werden. Über die Eingabemaske können Fahrzeugkategorie, die zu berechnenden Schadstoffe bzw. der Kraftstoffverbrauch, die Verkehrssituation und das Bezugsjahr ausgewählt werden. Das Handbuch enthält Daten über die Österreichische Flottenzusammensetzung sowie spezifischer Fahrleistungen nach Fahrzeugart und Abgasklasse. Abhängig von der Aufgabenstellung lassen sich die Emissionen vom Einzelfahrzeug bis zur Österreichischen Gesamtflotte ermitteln.

Basisparameter in HBEFA für diese Arbeit:

- Verkehrssituation innerorts (IO\_LSA3) für warme Emissionsfaktoren – Bei dieser HBEFA-Verkehrssituation kommt die verwendete Pkw-Durchschnittsgeschwindigkeit von 24,1 km/h der Pkw-Durchschnittsgeschwindigkeit in Wien laut MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2010) mit 25 km/h am nächsten.
- Bezugsjahr 2010
- Pkw-Flotte Österreich (Berücksichtigung der Aufteilung in Benzin- und Dieselfahrzeuge laut STATISTIK AUSTRIA (2010) – 54,7 % Diesel-Pkw und 45,3 % Benzin-Pkw – sowie der Altersstruktur der Pkw-Flotte)

In der Richtlinie RVS 02.01.22 Entscheidungshilfen für Kosten-Nutzen-Untersuchungen im Verkehrswesen finden sich Schadstoffkostensätze für CO, CH, NO<sub>x</sub> sowie Partikel in [€/t] für Österreich innerorts. (vgl. FSV 2010, 10)

## Berechnung

Aus den Emissionsfaktoren, die mit HBEFA (2004) ermittelt wurden (siehe obige Basisparameter), sowie den Schadstoffkostensätzen, lassen sich die Schadstoffkosten für Pkw in Österreich pro Kilometer berechnen. Es erfolgt die Berechnung zweier alternativer Schadstoffkosten, zum einen mittels der Schadstoffkostensätze aus FSV (2010), zum anderen mittels der Schadstoffkostensätze aus der europäischen Studie MAIBACH, SCHREYER ET AL. (2008).

Tab. 4.23: Emissionsfaktoren für CH, NO<sub>x</sub> und Partikel (vgl. HBEFA, 2004):

Schadstoff	CH	NO <sub>x</sub>	Partikel
Emissionsfaktor [g/km]	0,084	0,297	0,014

Tab. 4.24: Schadstoffkostensätze für CH, NO<sub>x</sub> und Partikel (vgl. FSV, 2010, 30 sowie MAIBACH, SCHREYER ET AL., 2008, 54)

Schadstoff	CH	NO <sub>x</sub>	Partikel
Kostensatz [€/t] (FSV, 2010)	2.000	10.200	220.000
Kostensatz [€/t] (M. MAIBACH, C. SCHREYER ET AL., 2008)	2.000	10.300	370.000

Die Schadstoffkosten für den Pkw berechnen sich nach folgender Formel:

$$KS = EF * KSS / 10.000$$

Die Abkürzungen in der Formel haben folgende Bedeutung:

KS: Kosten des Schadstoffes [ct/km]

EF: Emissionsfaktor des Schadstoffes [g/km]

KSS: Kostensatz des Schadstoffes [€/t]

10.000: Umrechnungsfaktor, um die Zieleinheit [ct/km] zu erhalten

Tab. 4.25: Schadstoffkosten für CH, NO<sub>x</sub> und Partikel für den Pkw

Schadstoff	CH	NO <sub>x</sub>	Partikel	Summe
<b>Kosten [ct/km] (FSV, 2010)</b>	0,02	0,30	0,31	0,63
<b>Kosten [ct/km] (M. MAIBACH, C. SCHREYER ET AL., 2008)</b>	0,02	0,30	0,53	0,85

Wie man sieht liegen die Gesamtschadstoffkosten des FSV unter denen von MAIBACH, SCHREYER ET AL. (2008). In dieser Arbeit werden die Schadstoffkostensätze der FSV verwendet, da diese Werte auch bindend sind für Kosten-Nutzen-Analysen in Österreich. Ebenso sind die Werte der FSV aktueller. Schadstoffkosten sind externe Kosten. Sie werden nicht vom Nutzer des Verkehrsmittels getragen sondern von der Allgemeinheit.

## 4.8 Klima

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ist kein toxischer Schadstoff, jedoch global stark relevant für den Treibhauseffekt. Der CO<sub>2</sub> – Anteil in der Atmosphäre nimmt durch anthropogene Einflüsse (Verbrennung fossiler Brennstoffe) zu.

Die Berechnung der Klimakosten erfolgt analog zu jenen der Schadstoffe, grundlegende Quellen hierfür sind dieselben.

Tab. 4.26: Emissionsfaktoren CO<sub>2</sub> (vgl. HBEFA, 2004)

Klimarelevantes Gas	CO <sub>2</sub>
Emissionsfaktor [g/km]	169,75

Tab. 4.27: Kostensätze CO<sub>2</sub> (vgl. FSV, 2010, 30 sowie MAIBACH, SCHREYER ET AL., 2008, 80)

Klimarelevantes Gas	CO <sub>2</sub>
Kostensatz [€/t] (FSV, 2010)	50
Kostensatz [€/t] (M. MAIBACH, C. SCHREYER ET AL., 2008)	29,50

Somit ergeben sich folgende Klimakosten für den Pkw analog der Berechnungsformel für Schadstoffkosten aus Kapitel 4.7.

Tab. 4.28: Klimakosten für den Pkw

Klimarelevantes Gas	CO <sub>2</sub>
Kosten FSV (2010) [ct/km]	0,85
Kosten M. MAIBACH, C. SCHREYER ET AL. (2008) [ct/km]	0,50

Da der Kostensatz der FSV fast doppelt so hoch ist, wie jener aus M. MAIBACH, C. SCHREYER ET AL. (2008) verhalten sich die ermittelten Klimakosten im selben Verhältnis. In dieser Arbeit werden die Schadstoffkostensätze der FSV verwendet, da diese Werte auch bindend sind für Kosten-Nutzen-Analysen in Österreich. Die Werte der FSV sind auf dem neuesten Stand. Klimakosten sind externe Kosten wie die Schadstoffkosten.



## 4.9 Qualitative Faktoren

Im diesem Kapitel werden zwei weiche Faktoren vorgestellt. Diese Faktoren können nicht wie bisher als quantitative Vergleichsindikatoren herangezogen werden. Es wird an dieser Stelle nur qualitativ beschrieben, wie das Fahrrad und der Pkw wirken.

### 4.9.1 Wirtschaftsfaktor Fahrrad

SEYRINGER (2009) untersucht Supermärkte, die die Nahversorgung abdecken. Eine Auswahl von vier Standorten („städtisches Gebiet – Ortskern“, „städtisches Gebiet – Randlage“, „ländliches Gebiet – Ortskern“ und „ländliches Gebiet – Randlage“) wurde zur Befragung von Kunden und Filialleitern herangezogen. Die Kunden wurden nach dem Einkauf zu den Themenbereichen „Einkaufsweg“ (Verkehrsmittel, Zeitaufwand, Wegelänge usw.) und „Einkauf“ (Gewicht, Art der Waren, Ausgaben, usw.) befragt. Generell kaufen überraschend wenig Kunden mit dem Fahrrad ein. Nur 3,4% der Befragten kamen mit dem Fahrrad zum Einkauf. MIV-Nutzer geben zwar pro Einkauf mehr Geld aus als Radfahrer, diese kaufen jedoch häufiger ein. In der genommenen Stichprobe kaufen Radfahrer rund zehnmal und MIV-Nutzer rund siebenmal im Monat ein. Möglicherweise könnte das von Vorteil für die Geschäftsleute sein. Die Fahrrad-Kunden halten sich somit öfter im Geschäft auf und können dementsprechend besser über aktuelle Angebote und Aktionen informiert werden. Berechnet man die Ausgaben innerhalb eines längeren Zeitraums kann kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Es wurde ermittelt, dass die Hälfte aller Einkäufe 5 kg oder weniger wiegen und aufgrund des Gewichtes mit dem Rad transportiert werden können. Kombiniert mit kurzen Einkaufswegen, wie sie vor allem bei Standorten im städtischen Gebiet vorzufinden sind, ist hier großes Potential für das Einkaufen mit dem Fahrrad gegeben.

Ähnliche Untersuchungen wurden von der deutschen Stadt Münster durchgeführt. Münster gilt in Deutschland als eine der Vorzeigestädte, was den Radverkehr betrifft. Mehr als 37% der Wege in der Stadt Münster werden mit dem Fahrrad zurückgelegt (vgl MÜNSTER, 2010). In den 90er Jahren gaben Radler mit 402 DM um 20 DM pro Monat mehr Geld bei ihren Einkäufen aus als Autofahrer mit 382 DM (VGL. MÜNSTER, 2001, 7). Diese Beträge werden im weiteren Verlauf nicht verwendet, somit wurden sie nicht auf 2009 angepasst.

Wie bereits erwähnt ziehen Radfahrer zum Einkaufen aufgrund der kurzen Wege Innenstädte dezentralen Einkaufszentren vor. Somit sichern Radfahrer den wohnungsnahen Wirtschaftsstandort Innenstadt.

#### 4.9.2 Erreichbarkeit / Kleinräumigkeit

Die Ausführungen in diesem Unterkapitel orientieren sich an SAMMER ET AL. (2003, 63 ff.). Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Raum- und Siedlungsstruktur und der Mobilität. Die Struktur des Raumes hat großen Einfluss auf die Qualität der Erreichbarkeit und die Nachfrage nach Versorgungseinrichtungen in der Nähe. Die Fußläufigkeit oder die bequeme Erreichbarkeit mit dem Fahrrad, wie sie in kleinen Sammelsiedlungen häufig gegeben ist, begünstigt nicht nur die Erreichbarkeit von stationären Nahversorgern, sondern auch jene von verschiedenen Dienstleistungseinrichtungen und Haltestellen des öffentlichen Verkehrs.

Personen, die über keinen PKW verfügen, haben so die Möglichkeit, ihre Erledigungen zum Großteil selbst durchzuführen. Ebenso bei den Aufwendungen für soziale Dienstleistungen (z.B. Altenbetreuung) spielt die Siedlungsstruktur eine wesentliche Rolle. Wo keine Nahversorgungsinfrastruktur vorhanden ist oder Streusiedlungsstrukturen Personengruppen ohne PKW-Verfügbarkeit benachteiligen, ist es angesagt, Lösungen im Bereich der Versorgung oder deren Erreichbarkeit zu suchen, um eine Mindestversorgung für alle Bevölkerungsteile zu sichern.

In der Stadt ist die Erreichbarkeit zu Fuß oder mit dem Fahrrad besonders zu forcieren. Einerseits stellt sie einen wichtigen Aspekt von Lebensqualität dar, andererseits kommt es damit nicht zu einer Benachteiligung bestimmter Personengruppen, die über kein Auto verfügen (u. a. Jugendliche, ältere Menschen, Frauen). Durch zerstreute Siedlungsstrukturen und den Rückzug der Nahversorgung sind viele Einrichtungen des täglichen Bedarfs nicht (mehr) fußläufig erreichbar. Durch die zu geringe Nachfrage ist herkömmlicher öffentlicher Verkehr für ländlich geprägte Gemeinden in der Regel zu unwirtschaftlich. Personen ohne PKW-Verfügbarkeit bzw. in ihrer Mobilität eingeschränkte Personen haben Schwierigkeiten, die Nahversorgung (Waren, Arzt,...) und Haltestellen des öffentlichen Verkehrs zu erreichen und soziale Kontakte zu pflegen.

Das Fahrrad fördert die Stadt der kurzen Wege, das verhindert eine Benachteiligung der Menschen ohne Führerschein bzw. ohne Pkw-Verfügbarkeit. Diese Menschen (Ältere Menschen, Kinder/Jugendliche,...) haben die Möglichkeit, am sozialen Leben teilzunehmen. Der Pkw unterstützt eine zerstreute Stadtstruktur der langen Wege und schließt nicht-motorisierte Bevölkerungsgruppen vom sozialen Leben und Nahversorgung teilweise aus, so diese nicht über Mitfahrgelegenheiten verfügen.

Um die Erreichbarkeit von Versorgungseinrichtungen (Nahversorger, etc) und Haltestellen des öffentlichen Verkehrs unabhängig von der Verfügbarkeit eines PKW sicherzustellen, sind entweder die Nahversorgungseinrichtungen möglichst nahe zu den Bewohnern zu bringen oder die Bewohner zu den Nahversorgungseinrichtungen.

#### 4.10 Aggregation der Indikatoren

Die recherchierten Indikatoren wurden alle auf dieselbe Einheit [ct/km] gebracht. Somit können die Effekte für das Fahrrad und für den Pkw zu einem Gesamtindex aufaggregiert werden. Nicht weiter verwendet werden in dieser Aufsummierung die qualitativen Auswirkungen beider Verkehrsmittel (Kap. 4.9). Ebenso wurden die Infrastrukturkosten nicht miteinbezogen (Kap. 4.3). Die Preise sind (wie bereits erwähnt) auf das Niveau von 2009 inflationsbereinigt und beinhalten keine Steuern.

Tab. 4.29: Effekte für Fahrrad und Pkw in [ct/km]

Indikator [ct/km]	Intern		Extern		Gesamt	
	Rad	Pkw	Rad	Pkw	Rad	Pkw
<b>Gesundheit</b>	-	-	89,89	-	89,89	-
<b>Lärm</b>	-	-	-	-1,02	-	-1,02
<b>Unfälle</b>	-6,29	-1,44	-8,42	-1,85	-14,71	-3,29
<b>Betrieb</b>	-10,20	-38,30	-	-	-10,20	-38,30
<b>Reisezeit</b>	-66,53	-54,29	-	-	-66,53	-54,29
<b>Schadstoffe</b>	-	-	-	-0,63	-	-0,63
<b>Klima</b>	-	-	-	-0,85	-	-0,85
<b>TOTAL</b>	<b>-83,02</b>	<b>-94,03</b>	<b>81,47</b>	<b>-4,35</b>	<b>-1,55</b>	<b>-98,38</b>
<b>DIFFERENZ Rad-Pkw</b>	<b>11,01</b>		<b>85,82</b>		<b>96,83</b>	

Die externen Effekte unterscheiden sich von den Gesamteffekten dadurch, dass die Kosten für Investition und Betrieb des Verkehrsmittels herausfallen, da diese Kosten vom Fahrzeugbetreiber (intern) getragen werden. Genauso verhält es sich mit den Reisezeitkosten. Die Unfallkosten verringern sich ebenso um den internen Anteil. Wie man erkennt, stellt der Gesundheitsnutzen beim Radfahren den mit Abstand größten Anteil an dieser Aufstellung dar. Plakativ gesprochen schlägt sich der Unterschied zwischen einem zurückgelegten Fahrradkilometer und einem Pkw-Kilometer mit einem Plus von 85,82 €-Cent bei den externen Effekten nieder und bei den Gesamteffekten mit einem Plus von 96,83 €-Cent.

In den folgenden beiden Abbildungen sind obige Werte nochmals graphisch dargestellt. Man erkennt beim Fahrrad, dass der Nutzen der Gesundheit die Kosten der weiteren Posten beinahe aufwiegt. Beim Pkw fällt auf, dass es eigentlich keinen Nutzen gibt. Den größten negativen Anteil bringen die Betriebskosten mit ein, die sind jedoch intern, da sie vom

Fahrzeughalter selbst getragen werden. Somit bleiben bei ausschließlicher Betrachtung der externen Effekte die externen Unfallkosten als betragsmäßig größter Anteil.

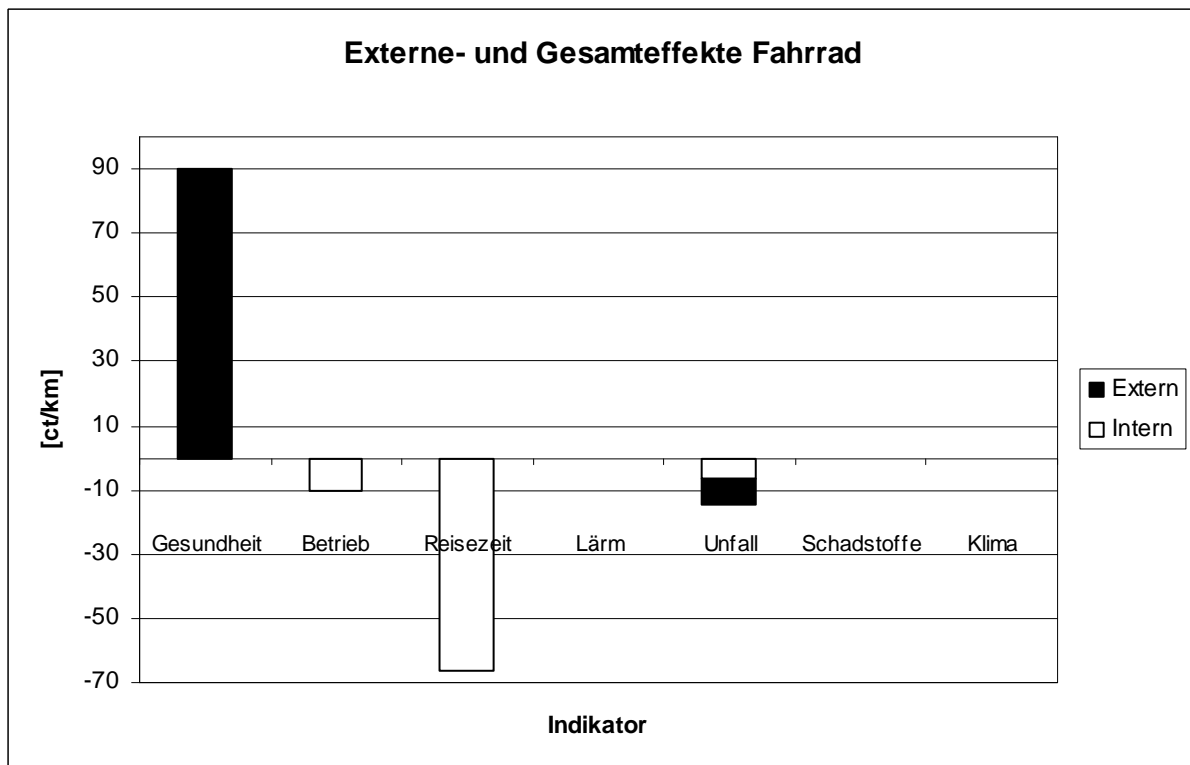


Abb. 4.1: Externe- und Gesamteffekte Fahrrad

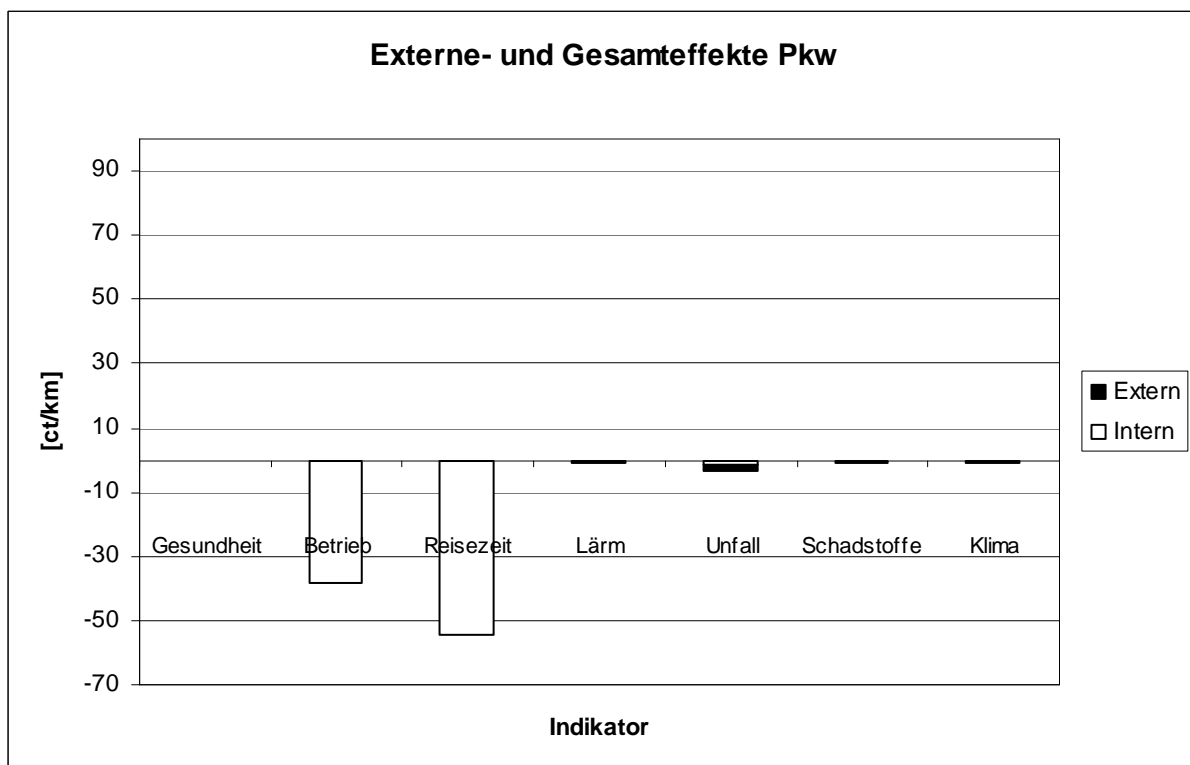


Abb. 4.2: Externe- und Gesamteffekte Pkw

Um diese Zahlen noch besser zu vergegenwärtigen sollen im folgenden Kapitel verschiedene Szenarien untersucht werden, die auf die mögliche Substituierbarkeit von Pkw-Wegen durch mit dem Fahrrad zurückgelegte Wege Rücksicht nehmen. Damit wird aufgezeigt, welcher gesamtwirtschaftliche Nutzen sich durch eine Steigerung des Fahrradverkehrs in der Stadt Wien ergeben würden.

## 5 Radverkehrsszenarien für die Wiener Bevölkerung

### 5.1 Aktuelle Situation

Im folgenden Abschnitt werden die bisher recherchierten quantitativen Indikatoren auf die Verkehrssituation in der Stadt Wien angewendet. Im ersten Schritt wird der aktuelle Modal Split von Wien herangezogen und ermittelt, wie die gesamtwirtschaftlichen Effekte der beiden Verkehrsmittel Rad und Pkw wirken. Es wird der Status Quo dargestellt. Ausgehend davon werden zwei Szenarien durchgerechnet.

Dass eine Steigerung des Radverkehrsanteils am Modal Split sinnvoll und erwünscht ist, lässt sich aus allen Wiener Verkehrskonzepten ablesen (z.B. Masterplan Verkehr Wien 2003). Das Fahrrad wurde in Wien im Jahr 2006 für 4% aller Wege genutzt. Die durchschnittlich zurückgelegte Weglänge betrug dabei 3,9 km (vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2008, 14). Im Masterplan Verkehr Wien 2003 wird das Ziel zur Steigerung des Modal-Split-Anteils des Fahrrades auf 8% bis 2020 genannt (vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2008, 15). Der Pkw wurde 2006 für 25% aller Wege genutzt, als Mitfahrer wurde der Pkw für 9% aller Wege verwendet. Das macht in Summe einen Anteil der motorisierten Individualverkehrs (MIV) von 34%. Die durchschnittlich zurückgelegte Weglänge betrug 7,5 km (vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2008, 13). Im Masterplan Verkehr 2003 wird das Ziel zur Reduktion des Modal-Split-Anteils des MIV auf 25% bis 2020 genannt (vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2008, 15). Es entspricht den Zielen der Wiener Verkehrspolitik, dass Nutzer des Pkws auf das Fahrrad umsteigen.

In SOCIALDATA (2007) wird der Radverkehrsanteil in Wien im Jahre 2006 erhoben, sowie eine Potenzialanalyse durchgeführt, auf welchen Anteil und durch welche Maßnahmen der Radverkehr in Wien gesteigert werden kann. Hier wurde auf Basis der Mobilitätserhebungen der Firma Socialdata (kontinuierliche Erhebung des Mobilitätsverhaltens an jedem Tag des Jahres, ca. 18.000 Interviews, im Auftrag der Wiener Linien) eine detaillierte Auswertung der Radverkehrsnutzung in Wien vorgenommen. Der Radverkehrsanteil in Wien lag im Jahr 2006 bei 4,1%. Bei einer Teilstichprobe dieser Verhaltenserhebung wurden vertiefende Daten zu Potenzialen erhoben. Die Potenzialanalyse zeigt die Möglichkeiten einer weiteren Zunahme der Fahrradnutzung in Wien. Die Nutzung des Rads wird durch zwei wesentliche Einflussfelder bestimmt:

- Objektive Gründe: Sachzwänge, wie z.B. beruflich bedingte Pkw-Nutzung, Vorhandensein eines Fahrrades, Wegeentfernung

- Subjektive Gründe: mangelnde Akzeptanz des Fahrrads, negative Einschätzungen des Fahrrads bezüglich Sicherheit und Komfort

Im Jahr 2006 wurden ca. 4 % aller Wege in Wien mit dem Fahrrad zurückgelegt, 27% der Wege zu Fuß. Das macht in Summe 31% für nicht motorisierte Verkehrsmittel. Dementsprechend wurden 69% der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln (motorisiertes Zweirad, Pkw, ÖPNV) erledigt.



Abb. 5.1: Potenziale für das Fahrrad in Wien, Stand 2006 (vgl. SOCIALDATA, 2007, 5)

Abbildung 5.1 zeigt, dass 6% der Wege, die mit motorisierten Verkehrsmitteln gefahren werden, nicht mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, obwohl weder subjektive noch objektive Gründe dagegen sprechen. Von den Wegen, die mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, sind 2 von 4% aus objektiven Gründen an das Fahrrad gebunden. Subjektive Gründe bestimmen in jedem vierten Fall die Fahrradnutzung. Der Anteil der wahlfreien Fahrradwege beträgt 1%. In einer wahlfreien Situation, also in Situationen, in der eine Person bei der Verkehrsmittelwahl weder objektiv noch subjektiv gebunden ist entscheiden sich fünf von sechs WienerInnen (6 von 7%) für die Nutzung von ÖPNV oder Pkw. Es existieren somit große Potenziale, die zukünftig für das Fahrrad gewonnen werden können. Zu den vorhandenen 4% Wegeanteil des Fahrrads ergibt das ein maximales Potenzial für Wien von 10% (aller Wege, die mit dem Fahrrad zurückgelegt werden können).

Modellstädte für einen hohen Radverkehrsanteil sind beispielsweise Münster (D) und Kopenhagen (DK). In beiden Städten werden 37 % aller Wege mit dem Fahrrad zurückgelegt (vgl. MÜNSTER, 2010 und COPENHAGEN, 2010). Beide Städte sind mit Wien nur bedingt



vergleichbar. Schon aufgrund der Einwohnerzahl unterscheiden sich Münster (ca. 270.000 EW) und Kopenhagen (ca. 530.000 EW) von Wien (ca. 1.700.000 EW).

Wie weiter oben erwähnt, wurden im Jahr 2006 4% aller Wege in Wien mit dem Fahrrad zurückgelegt. Addiert man dazu die 6% der Wege, die aktuell nicht mit dem Rad zurückgelegt werden, obwohl keine Gründe dagegen sprechen, so kommt man auf ein Potenzial von 10% aller Wege für den Radverkehr. Im Masterplan Verkehr 2003 der Stadt Wien ist das festgeschriebene Ziel eines Fahrradanteils von 8% an allen Wegen für das Jahr 2020.

Aus SOCIALDATA (2007, 6ff) ergibt sich weiters:

- Zusätzliche Fahrten jener Personen, die bereits jetzt das Fahrrad benutzen, stellen ein eher geringes Potenzial dar. Erforderlich ist es hingegen, neue NutzerInnen für das Fahrrad zu gewinnen.
- Die Verteilung der Fahrradfahrten nach Wochentagen zeigt in Wien unterdurchschnittliche Anteile an den Werktagen und überdurchschnittliche Anteile an Samstagen, Sonn- und Feiertagen.
- Es gibt bereits einen hohen Fahrradanteil bei den Männern zwischen 25 und 44 Jahren. Einen „Nachholbedarf“ gibt es hingegen bei den 15 bis 24 Jährigen und bei älteren Menschen.
- Im Ausbildungs- und Einkaufsverkehr können weitere Potenziale für das Fahrrad gewonnen werden.
- Mit weiteren Investitionen in die Radverkehrsinfrastruktur können mehr Personen für die Benützung des Fahrrades „wahlfrei“ gemacht werden, d.h. objektive Gründe gegen das Fahrrad werden verringert. So gut und notwendig diese Investitionen auch sind, zur Steigerung des Radverkehrsanteils auf 8 bzw. 10% ist noch mehr notwendig. Die wahlfreien Personen, die (noch) nicht mit dem Fahrrad unterwegs sind, müssen mit Maßnahmen in der Öffentlichkeitsarbeit für das Fahrrad gewonnen werden. Bestehende RadfahrerInnen können mit Informationsarbeit im Zusammenwirken mit der Ausweitung des Infrastrukturangebots beim Verkehrsmittel Fahrrad gehalten werden.

## 5.2 Szenarien

Auf Basis dieser Ergebnisse werden für die gegenständliche Arbeit zwei Szenarien festgelegt:

### Status Quo:

Fahrrad: 4 % aller Wege (vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2008, 15)  
Pkw: 25 % aller Wege (vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2008, 15)

### Szenario 1:

Es wird angenommen, dass das Fahrrad 2 % der Pkw-Wege substituiert.

Fahrrad: 6 % aller Wege  
Pkw: 23 % aller Wege

Dieses Szenario kann auch so gesehen werden: 2 % der Pkw-Wege werden vom Fahrrad substituiert, zusätzlich werden 2 % der Wege von anderen Verkehrsmitteln (z.B. Öffentlicher Verkehr) substituiert. Somit käme das Fahrrad auf 8 % Wegeanteil (entspricht dem Ziel für Wien 2020 – vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 18, 2008, 15), der Pkw auf 23 %. Für den gesamtwirtschaftlichen Vergleich von Fahrrad und Pkw werden nur die Wege mit dem Fahrrad gesamtwirtschaftlich bewertet, die vom Pkw kommen (+ 2 %).

### Szenario 2:

Es wird angenommen, dass das Fahrrad 3 % der Pkw-Wege substituiert.

Fahrrad: 7 % aller Wege  
Pkw: 22 % aller Wege

Dieses Szenario kann auch so gesehen werden: 3 % der Pkw-Wege werden vom Fahrrad substituiert, zusätzlich werden 3 % der Wege von anderen Verkehrsmitteln (z.B. Öffentlicher Verkehr) substituiert. Somit käme das Fahrrad auf 10 % Wegeanteil (entspricht dem maximalen Potenzial für Wien – vgl. SOCIALDATA, 2007, 5), der Pkw auf 22 %. Für den gesamtwirtschaftlichen Vergleich von Fahrrad und Pkw werden nur die Wege mit dem Fahrrad gesamtwirtschaftlich bewertet, die vom Pkw kommen (+ 3 %).

Folgende Randbedingungen fließen nun in die Berechnung ein:

Tab. 5.1: Eingangswerte für Wien – Status Quo (Bevölkerungswert aus dem Jahr 2009, restliche Eingangswerte aus dem Jahr 2006)

	Wert	Einheit	Quelle
<b>Mittlere Weglänge Pkw der Wiener Bevölkerung</b>	7,5	km/Weg	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 13)
<b>Mittlere Weglänge Rad</b>	3,9	km/Weg	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 14)
<b>Anzahl der Wege pro Person und Tag <sup>a</sup></b>	2,86	Wege/Person	SOCIALDATA (2010)
<b>Anteil Wege Pkw-Lenker der Wiener Bevölkerung</b>	25	%	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 15)
<b>Anteil Wege Radfahrer</b>	4	%	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 15)
<b>Einwohner Wien</b>	1.692.067	Personen	STATISTIK AUSTRIA (2010)
<b>Pkw-Kilometer/Jahr der Wiener Bevölkerung</b>	3.630	Mio. km/a	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 13)
<b>Pkw-Kilometer/Jahr der Nicht-Wiener</b>	718	Mio. km/a	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 13)
<b>Pkw-Kilometer/Jahr total</b>	4.348	Mio. km/a	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 13)
<b>Rad-Kilometer/Jahr <sup>b</sup></b>	276	Mio. km/a	Eigene Berechnung

<sup>a</sup> In SOCIALDATA (2010) wird ein Wert von 2,7 Wegen pro Person und Tag genannt, exklusive dem Geschäftsverkehr. Der Geschäftsverkehr hat laut MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2006, 16) einen Anteil von 6% an allen Wegen, somit ergibt sich ein Wert von 2,86 Wegen pro Person und Tag.

<sup>b</sup> Der Anteil der Nicht-Wiener Radfahrer wird vernachlässigt.

Tabelle 5.1 gleicht Tabelle 4.21 mit der Abweichung, dass hier gleich die Pkw-Kilometerleistung aus MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 13) übernommen wurde, die ca. 10% über der errechneten Kilometerleistung liegt (siehe Seite 39).

Tab. 5.2: Eingangswerte für Wien – Szenario 1 (Bevölkerungswert aus dem Jahr 2009, restliche Eingangswerte aus dem Jahr 2006)

	Wert	Einheit	Quelle
<b>Mittlere Weglänge Pkw der Wiener Bevölkerung</b>	7,5	km/Weg	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 13)
<b>Mittlere Weglänge Rad</b>	3,9	km/Weg	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 14)
<b>Anzahl der Wege pro Person und Tag <sup>a</sup></b>	2,86	Wege/Person	SOCIALDATA (2010)
<b>Anteil Wege Pkw-Lenker der Wiener Bevölkerung</b>	23	%	Eigene Annahme
<b>Anteil Wege Radfahrer</b>	6	%	Eigene Annahme
<b>Einwohner Wien</b>	1.692.067	Personen	STATISTIK AUSTRIA (2010)
<b>Pkw-Kilometer/Jahr der Wiener Bevölkerung</b>	3.493	Mio. km/a	Eigene Berechnung
<b>Pkw-Kilometer/Jahr der Nicht-Wiener</b>	718	Mio. km/a	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 13)
<b>Pkw-Kilometer/Jahr total</b>	4.211	Mio. km/a	Eigene Berechnung
<b>Rad-Kilometer/Jahr <sup>b</sup></b>	406	Mio. km/a	Eigene Berechnung

<sup>a</sup> In SOCIALDATA (2010) wird ein Wert von 2,7 Wegen pro Person und Tag genannt, exklusive dem Geschäftsverkehr. Der Geschäftsverkehr hat laut MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2006, 16) einen Anteil von 6% an allen Wegen, somit ergibt sich ein Wert von 2,86 Wegen pro Person und Tag.

<sup>b</sup> Der Anteil der Nicht-Wiener Radfahrer wird vernachlässigt.

Vom Autoverkehr werden nur Wege mit der mittleren Länge von Radfahrwegen verlagert (3,9 km). Die Anzahl der Wege multipliziert mit den mittleren Weglänge ergibt eine verlagerbare Verkehrsleistung des Pkw-Verkehrs, die dem Radverkehr zugeschlagen wird. In Szenario 1 wird von einem Radanteil von 6% ausgegangen (statt 4% im Status Quo), der Zuwachs kommt vom Pkw. Der Anteil des Pkw am Modal-Split senkt sich von 25% auf 23%. Die Differenz der Anzahl der Pkw-Wege bei 25% und bei 23% Anteil im Modal-Split bildet die Anzahl der Wege, die vom Pkw zum Rad verlagert wird, multipliziert mit der mittleren Länge von Radfahrwegen ergibt das die verlagerbare Verkehrsleistung vom Pkw-Verkehr zum Radverkehr. Es wurde einkalkuliert, dass eine Radfahrt von A nach B etwas kürzer (näherungsweise um 5%) ist als diese Fahrt mit dem PKW, da Radfahrer direktere Routen über Nebenstraßen wählen.

Tab. 5.3: Eingangswerte für Wien – Szenario 2 (Bevölkerungswert aus dem Jahr 2009, restliche Eingangswerte aus dem Jahr 2006)

	Wert	Einheit	Quelle
<b>Mittlere Weglänge Pkw der Wiener Bevölkerung</b>	7,5	km/Weg	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 13)
<b>Mittlere Weglänge Rad</b>	3,9	km/Weg	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 14)
<b>Anzahl der Wege pro Person und Tag <sup>a</sup></b>	2,86	Wege/Person	SOCIALDATA (2010)
<b>Anteil Wege Pkw-Lenker der Wiener Bevölkerung</b>	22	%	Eigene Annahme
<b>Anteil Wege Radfahrer</b>	7	%	Eigene Annahme
<b>Einwohner Wien</b>	1.692.067	Personen	STATISTIK AUSTRIA (2010)
<b>Pkw-Kilometer/Jahr der Wiener Bevölkerung</b>	3.424	Mio. km/a	Eigene Berechnung
<b>Pkw-Kilometer/Jahr der Nicht-Wiener</b>	718	Mio. km/a	MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008, 13)
<b>Pkw-Kilometer/Jahr total</b>	4.142	Mio. km/a	Eigene Berechnung
<b>Rad-Kilometer/Jahr <sup>b</sup></b>	472	Mio. km/a	Eigene Berechnung

<sup>a</sup> In SOCIALDATA (2010) wird ein Wert von 2,7 Wegen pro Person und Tag genannt, exklusive dem Geschäftsverkehr. Der Geschäftsverkehr hat laut MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2006, 16) einen Anteil von 6% an allen Wegen, somit ergibt sich ein Wert von 2,86 Wegen pro Person und Tag.

<sup>b</sup> Der Anteil der Nicht-Wiener Radfahrer wird vernachlässigt.

Aus den Tabellen 5.1 bis 5.3 ergeben sich die Gesamtkilometer in Wien für das Fahrrad und den Pkw pro Jahr für den Status Quo und die beiden Szenarien. Die recherchierten Indikatoren aus Kapitel 4 in [ct/km] werden mittels der zurückgelegten Kilometer pro Jahr aller Pkws bzw. Fahrräder in Wien auf die Einheit [Mio. €/Jahr] gebracht. Das ergibt für die aktuelle Situation in Wien:

Tab. 5.4: Interne-, externe- und Gesamteffekte pro Jahr für den Status Quo Wien, Einheit [Mio. €/Jahr]

Effekte	Intern		Extern		Gesamt	
	Rad	Pkw	Rad	Pkw	Rad	Pkw
<b>Gesundheit</b>	-	-	247,692	-	247,692	-
<b>Lärm</b>	-	-	-	-44,348	-	-44,348
<b>Unfälle</b>	-17,332	-62,609	-23,201	-80,435	-40,533	-143,045
<b>Betrieb</b>	-28,106	-1.665,238	-	-	-28,106	-1.665,238
<b>Reisezeit</b>	-183,323	-2.360,464	-	-	-183,323	-2.360,464
<b>Schadstoffe</b>	-	-	-	-27,391	-	-27,391
<b>Klima</b>	-	-	-	-36,956	-	-36,956
<b>TOTAL</b>	<b>-228,8</b>	<b>-4.088,3</b>	<b>224,5</b>	<b>-189,1</b>	<b>-4,3</b>	<b>-4.277,4</b>
<b>TOTAL Rad+Pkw</b>	<b>-4.317,1</b>		<b>35,4</b>		<b>-4.281,7</b>	

In Tabelle 5.4 ist die Aufgliederung der Effekte beider Verkehrsmittel aufgelistet. Es wird unterschieden nach internen und externen Effekten. In die externen Effekte fließen statt der Gesamtunfallkosten nur die externen Unfallkosten ein (siehe Kapitel 4.5). Die Betriebs- und Reisezeitkosten sind vollständig interne Kosten und werden vom Fahrzeughalter selbst getragen, nicht von der Allgemeinheit. Bei beiden Verkehrsmitteln fließen die Betriebs- und Reisezeitkosten stark in die Gesamtkosten ein, das erklärt den großen Unterschied zwischen den externen Effekten und den Gesamteffekten. Auffällig ist weiters, dass die Unfallkosten pro Jahr beim Pkw über denen des Fahrrads liegen, obwohl der spezifische Indikator [ct/km] beim Fahrrad höher liegt. Das erklärt sich durch die viel höhere Kilometerleistung aller Pkws in Wien gegenüber der aller Fahrräder. Das Fahrrad erwirtschaftet bei den externen Effekten ein positives Ergebnis (Nutzen). Das liegt am hohen Anteil des Gesundheitsnutzens dieses Verkehrsmittels. Er beträgt 247 Mio. € pro Jahr. Das Fahrrad weist nicht so viele negative Posten auf wie der Pkw. Das Fahrrad ist klimaneutral im laufenden Betrieb, es verursacht keine Schadstoffe und keinen Lärm. Das sind Anteile, die sich beim Pkw ebenfalls negativ niederschlagen. Zieht man nun die Effekte beider Verkehrsmittel für den Ist-Zustand in Wien zusammen, ergibt sich bei Betrachtung der Gesamtkosten ein Minus von 4,3 Mrd. € pro Jahr, das liegt vor allem an den hohen Betriebs- und Reisezeitkosten. Betrachtet man ausschließlich die externen Effekte, so ergibt sich pro Jahr ein Nutzen von 224 Mio. € durch die Fahrradnutzung, die Kosten durch die Pkw-Nutzung betragen 189 Mio. €. Es entsteht insgesamt ein Nutzen von 35 Mio. €. Es ist bei einer Zunahme des Fahrradanteils davon auszugehen, dass sich diese Tendenzen noch verdeutlichen werden.

In der Berechnung der Szenarien werden zwei zusätzliche Kostenkomponenten miteinbezogen. Um Pkw-Wege mit dem Fahrrad zu substituieren, muss einerseits die Radverkehrsinfrastruktur ausgebaut werden, andererseits müssen Marketingmethoden angewandt werden, um den Menschen das Fahrrad für kurze Wege als Alternative zum Pkw vor Augen zu führen.

Bei den Mehrkosten für die Radverkehrsinfrastruktur wird davon ausgegangen, dass das bestehende Wiener Radnetz bei einer Erhöhung des Radverkehrsanteils von 4% auf 6% ausgebaut wird. Die Länge des Wiener Radnetzes betrug Ende 2009 rund 1.100 km (vgl. WIEN, 2010) aufgeteilt auf folgende Anlagearten:

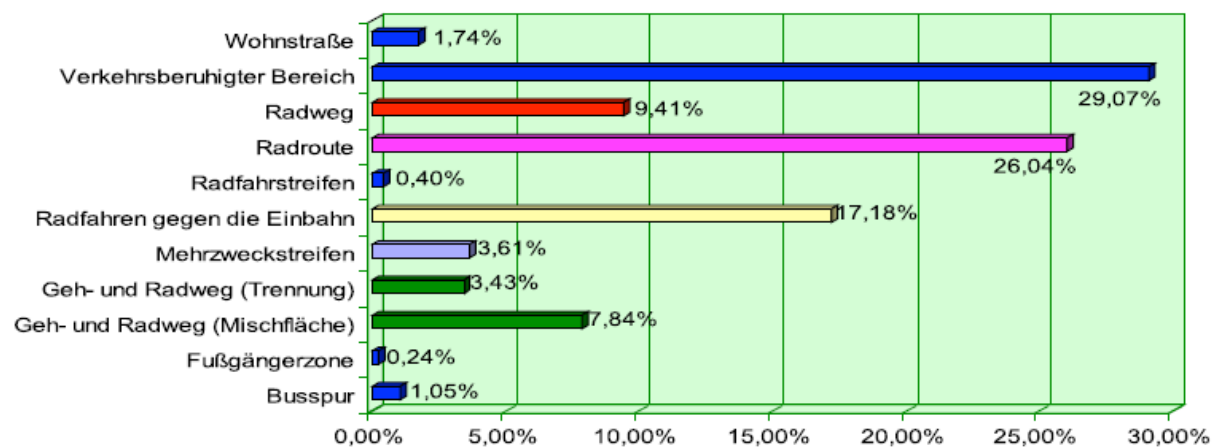


Abb. 5.2: Aufteilung des Wiener Radverkehrsnetzes nach Anlagearten in Prozent – Stand: 31.12.2009 (vgl. WIEN, 2010)

Die Kosten für die Anlagearten werden wie folgt angesetzt:

Tab. 5.5: Kosten für Anlagearten des Radverkehrsnetzes in Wien

Anlageart	Kosten [€/km]	Quelle
Wohnstraße <sup>a</sup>	0	Eigene Annahme
Verkehrsberuhigter Bereich <sup>a</sup>	0	Eigene Annahmer
Radweg	160.000	MAGISTRATSABTEILUNG 28 (2010)
Radroute	750	Eigene Annahme – Kosten für Beschilderung
Radfahrstreifen	7.500	MAGISTRATSABTEILUNG 28 (2010)
Radfahren gg. die Einbahn	7.500	MAGISTRATSABTEILUNG 28 (2010)
Mehrzweckstreifen	7.500	MAGISTRATSABTEILUNG 28 (2010)
Geh- und Radweg getrennt	160.000	MAGISTRATSABTEILUNG 28 (2010)
Geh- und Radweg gemischt	160.000	MAGISTRATSABTEILUNG 28 (2010)
Fußgängerzone	500	Eigene Annahme – Kosten für Beschilderung
Busspur	500	Eigene Annahme – Kosten für Beschilderung

<sup>a</sup> Bei der Erschaffung von weiteren Wohnstraßen und verkehrsberuhigten Bereichen wird davon ausgegangen, dass dies nicht eigens für den Fahrradverkehr passiert. Das Fahrrad wird als „Free-Rider“ angesehen.

Bei einem (dem Zuwachs des Radverkehrs im Modal Split entsprechenden) Ausbau des Wiener Radverkehrsnetzes von 1.100 km auf 1.650 km unter der Voraussetzung dass die Aufteilung des Radnetzes nach Anlagearten konstant bleibt, ergeben sich Investitionskosten von 19,183 Mio. €. Wartungskosten für die Radinfrastruktur konnten von der MA 28 nicht genannt werden. Es wird der Wert für laufende Kosten aus FSV (2010, 23) mit 3.500 €/Fahrstreifen-km und Jahr für Stadtstraßen herangezogen. Da Radinfrastruktur in der Wartung nicht so kostenintensiv ist wie Pkw-Infrastruktur wird für die Radinfrastruktur ein 20%iger Wert davon angenommen, das macht 700 €/km Radverkehrsinfrastruktur und Jahr. Bei der Annahme einer Lebensdauer der Infrastruktur von 20 Jahren und jährlichen Wartungskosten von 700 €/km und Jahr ergeben sich Mehrkosten von 1,344 Mio. €/Jahr für die zusätzliche Infrastruktur.

Zusätzlich bedarf es Marketingmaßnahmen, um die Menschen zum Fahrradfahren zu motivieren. In Szenario 1 wird angenommen, dass jeder 50. Haushalt in Wien kontaktiert und informiert wird. Bei 838.400 Haushalten in Wien im Jahr 2009 (vgl. STATISTIK AUSTRIA, 2010)



und angenommenen Marketingkosten von 20 € pro Haushalt ergibt das Gesamtkosten für Marketingmaßnahmen von 335.360 € umgelegt auf einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ergeben sich die jährliche Kosten zu 16.768 €/Jahr.

Für Szenario 1 berechnet sich folgendes Ergebnis:

Tab. 5.6: Interne-, externe- und Gesamteffekte pro Tag für Szenario 1 Wien, Einheit [Mio. €/Jahr]

Effekte	Intern		Extern		Gesamt	
	Rad	Pkw	Rad	Pkw	Rad	Pkw
<b>Gesundheit</b>	-	-	365,346	-	365,346	-
<b>Lärm</b>	-	-	-	-42,943	-	-42,943
<b>Unfälle</b>	-25,564	-60,625	-34,221	-77,886	-59,786	-138,512
<b>Betrieb</b>	-41,456	-1.593,524	-	-	-41,456	-1.593,524
<b>Reisezeit</b>	-270,402	-2.241,038	-	-	-270,402	-2.241,038
<b>Schadstoffe</b>	-	-	-	-26,523	-	-26,523
<b>Klima</b>	-	-	-	-35,785	-	-35,785
<b>Infrastruktur</b>	-	-	-1,344	-	-1,344	-
<b>Marketing</b>	-	-	-0,016	-	-0,016	-
<b>TOTAL</b>	<b>-337,4</b>	<b>-3.895,2</b>	<b>329,8</b>	<b>-183,1</b>	<b>-7,7</b>	<b>-4.078,3</b>
<b>TOTAL Rad+Pkw</b>	<b>-4.232,6</b>		<b>146,6</b>		<b>-4.086</b>	

Die Kosten für den Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur und die durchgeführten Marketingmaßnahmen sind im Verhältnis zu den verursachten Effekten der beiden Verkehrsmittel relativ klein. Die externen Effekte des Fahrrads überwiegen hier schon weit mehr als im Status Quo. Es entsteht ein externer Nutzen pro Jahr von 146 Mio. €. Bei den Indikatoren Betrieb und Reisezeit, die über die Durchschnittsgeschwindigkeit berechnet werden, wird einkalkuliert, dass sich bei einer Verlagerung des Verkehrs vom Pkw zum Fahrrad die Durchschnittsgeschwindigkeit des Pkw ändert. Da die Tür-zu-Tür-Geschwindigkeit einer Pkw-Fahrt mit zunehmender Weglänge tendenziell steigt (die durchschnittliche Weglänge beim Pkw steigt leicht an, da die kürzeren Pkw-Wege vom Fahrrad substituiert werden), wird bei Szenario 1 die Geschwindigkeit des Pkws um 0,5 km/h auf 25,5 km/h erhöht.

Die betroffenen Indikatoren ändern sich wie folgt:

Tab. 5.7: Geänderte Indikatoren für Szenario 1

Indikator	Pkw-Durchschnittsgeschwindigkeit 25 km/h (Status Quo)	Pkw-Durchschnittsgeschwindigkeit 25,5 km/h (Szenario 1)
Betrieb	-38,30 ct/km	-37,85 ct/km
Reisezeit	-54,29 ct/km	-53,23 ct/km

Beide Kostenfaktoren werden geringer bei steigender Durchschnittsgeschwindigkeit des Pkw. Die Berücksichtigung der Erhöhung der Pkw-Geschwindigkeit im Szenario unterstreicht den konservativen Ansatz in dieser Arbeit.

Szenario 2 berechnet sich folgendermaßen:

Tab. 5.8: Interne-, externe- und Gesamteffekte pro Tag für Szenario 2 Wien, Einheit [Mio. €/Jahr]

Effekte	Intern		Extern		Gesamt	
	Rad	Pkw	Rad	Pkw	Rad	Pkw
Gesundheit	-	-	424,173	-	424,173	-
Lärm	-	-	-	-42,240	-	-42,240
Unfälle	-29,681	-59,634	-39,732	-76,612	-69,413	-136,246
Betrieb	-48,132	-1.557,926	-	-	-48,132	-1.557,926
Reisezeit	-313,941	-2.182,836	-	-	-313,941	-2.182,836
Schadstoffe	-	-	-	-26,090	-	-26,090
Klima	-	-	-	-35,200	-	-35,200
Infrastruktur	-	-	-2,016	-	-2,016	-
Marketing	-	-	-0,021	-	-0,021	-
<b>TOTAL</b>	<b>-391,8</b>	<b>-3.800,4</b>	<b>382,4</b>	<b>-180,1</b>	<b>-9,4</b>	<b>-3.980,5</b>
<b>TOTAL Rad+Pkw</b>	<b>-4.192,2</b>		<b>202,3</b>		<b>-3.989,9</b>	

Wie erwartet steigt der Nutzen bei den externen Effekten weiter an und beträgt über 200 Mio €/Jahr.

Kosten für zusätzliche Radverkehrsinfrastruktur und Marketingkosten wurden angepasst. Die Infrastrukturkosten wurden wie in Szenario 1 berechnet. Es wird davon ausgegangen, dass die Radverkehrsinfrastruktur in Wien für das Szenario 2 auf 1.925 km verlängert wird. Das

ergibt zusätzliche Infrastrukturkosten in Szenario 2 von 2,016 Mio €/Jahr. In Szenario 2 wird für die Marketingkosten angenommen, dass jeder 40. Haushalt in Wien kontaktiert und informiert wird. Das ergibt jährliche Marketingkosten von 20.960 €/Jahr.

Bei den Indikatoren Betrieb und Reisezeit, die über die Durchschnittsgeschwindigkeit berechnet werden, wird wie in Szenario 1 eine Erhöhung der Durchschnittsgeschwindigkeit des Pkw angenommen, sie wird um weitere 0,25 km/h auf 25,75 km/h erhöht. Die betroffenen Indikatoren ändern sich wie folgt:

Tab. 5.9: Geänderte Indikatoren für Szenario 2

Indikator	Pkw-Durchschnittsgeschwindigkeit 25 km/h (Status Quo)	Pkw-Durchschnittsgeschwindigkeit 25,75 km/h (Szenario 2)
Betrieb	-38,30 ct/km	-37,62 ct/km
Reisezeit	-54,29 ct/km	-52,71 ct/km

Die Ergebnisse sind in Abbildung 5.3 für den Status Quo, die beiden Szenarien sowie eine Trendfortschreibung graphisch dargestellt.

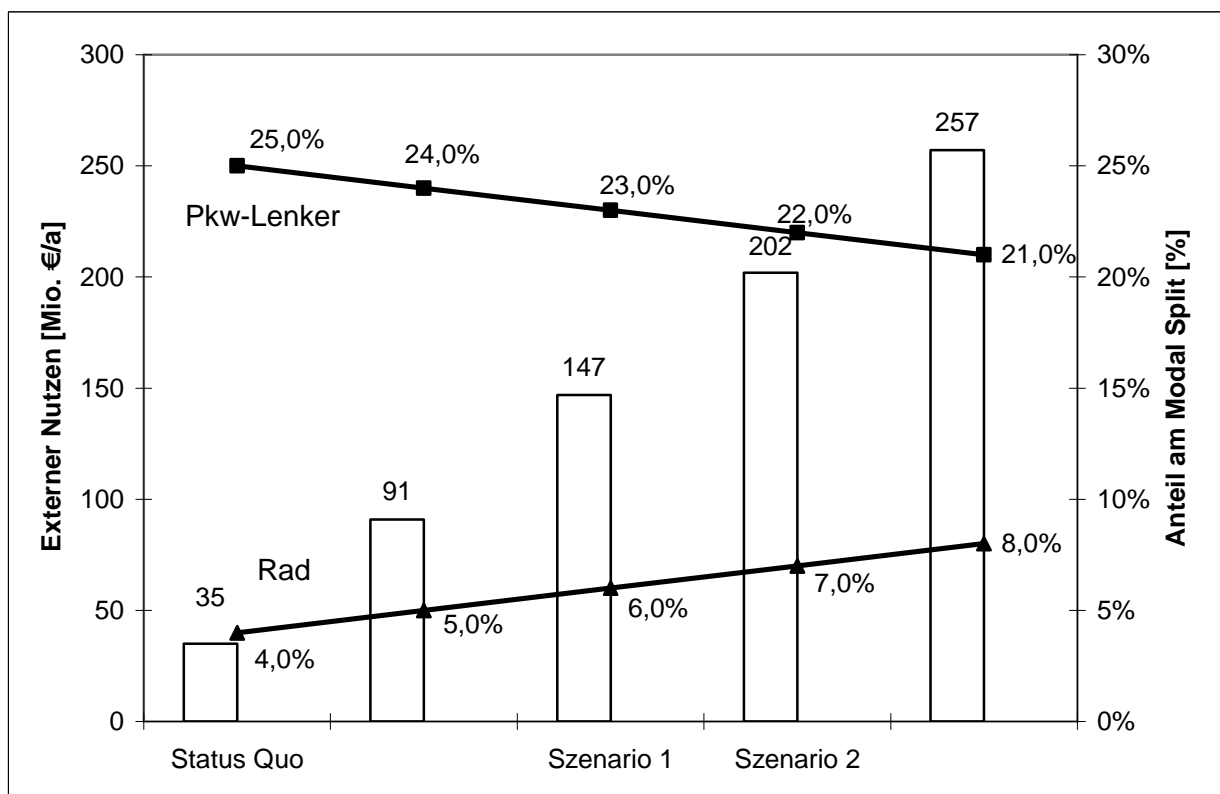


Abb. 5.3: Entwicklung des externen Nutzens bei Veränderung des Modal Split – Anteils von Fahrrad und Pkw

Man erkennt in Abbildung 5.3 wie der externe Anteil des gesamtwirtschaftlichen Nutzens bei einer Steigerung des Fahrradanteils und einer gleichzeitigen Senkung des Pkw-Anteils am Modal-Split sukzessive wachsen würde. Die gesamtwirtschaftlich bewerteten Ergebnisse der beiden Szenarien lassen sich zum Status Quo wie folgt vergleichen:

Tab. 5.10: Vergleich der internen, externen und gesamten Effekte bei Vergleich der Szenarien 1 & 2 mit dem Status Quo, Einheit [Mio. €/Jahr]

	<b>Intern</b>	<b>Extern</b>	<b>Gesamt</b>
<b>Unterschied Status Quo – Szenario 1</b>	84,5	111,3	195,7
<b>Unterschied Status Quo – Szenario 2</b>	124,9	166,9	291,8

Betrachtet man die externen Effekte, so entsteht ein Plus von 111 Mio. €/Jahr bei einer Steigerung des Radverkehrs um 2% bei gleichzeitiger Abnahme des Pkw-Verkehrs um 2% gegenüber der aktuellen Situation. Bei einer Steigerung des Radverkehrs um 3%, bei gleichzeitiger Abnahme des Pkw-Verkehrs um 3%, entsteht ein Plus von fast 167 Mio. €/Tag.

Bei Betrachtung aller Effekte entsteht ein Plus von beinahe 196 Mio. €/Jahr bei Szenario 1 und von fast 292 Mio. €/Jahr bei Szenario 2. Bei den Gesamteffekten kommen zusätzlich zu den externen Effekten wie bereits erwähnt noch die Reisezeitkosten, die Betriebskosten sowie die internen Unfallkosten hinzu.

Diese Szenarien sind jedoch aus verschiedenen Gründen nicht vollständig:

- a) Es werden nur Veränderungen bei den beiden Verkehrsmitteln Fahrrad und Pkw betrachtet. Öffentliche Verkehrsmittel sowie Fußgeher werden nicht in die Kalkulation miteinbezogen. Diese Kalkulation soll den direkten Vergleich der beiden behandelten Verkehrsmittel mittels Indikatoren aus den drei Nachhaltigkeitsfeldern verdeutlichen. Ein Tool zur Berechnung des gesundheitlichen Nutzens des Zu Fuß Gehens ist erst in der Entwicklung. Ein Konsensus-Meeting zum Thema HEAT Walking fand in der KW 26 2010 statt. (vgl. WHO, 2010), es wurden dazu noch keine Ergebnisse veröffentlicht. Eine Behandlung aller in den Modal Split involvierten Verkehrsmittel würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen.
- b) Es werden die Szenarien auf 2009 bezogen, zeitlich bedingte Zunahmen der Verkehrsleistung von Folgejahren werden nicht berücksichtigt.

- c) Bei den Verschiebungen im Modal Split wird nicht weiter betrachtet, welche Auswirkungen das daraus resultierende Verhalten der Pkw-Mitfahrer mit sich zieht.

Mit obigen Szenarien wurde aufgezeigt, welche Effekte (ausgedrückt in Geldbeträgen) durch den gesamten Pkw- bzw. Fahrradverkehr der Stadt Wien entstehen. Eine weitere interessante Fragestellung ist, welche Effekte für den einzelnen Verkehrsteilnehmer entstehen. Hierfür wird nochmals auf Tabelle 4.29 aus Kapitel 4.10 mit den einzelnen Indikatorwerten in [ct/km] verwiesen.

Für den Pkw-Lenker bzw. Radfahrer ist von Bedeutung welche Effekte er selbst trägt. Die Posten Klima, Schadstoffe und Lärm werden von der Allgemeinheit getragen. Die anfallenden internen Unfallkosten werden größtenteils von der Kfz-Versicherung gedeckt, die der Verkehrsteilnehmer selbst zahlt. Der in dieser Arbeit verwendete Ansatz für den Gesundheitseffekt beim Radfahren berechnet den Nutzen aus einer längeren Lebensdauer durch Bewegung (Sterberate), verrechnet mit dem Wert des statistischen Lebens. Auch hier spürt der Lenker keine direkte Auswirkung, es handelt sich wie bereits erwähnt um einen externen Nutzen. Als direkte Belastung spürt der Verkehrsteilnehmer die Betriebskosten. Diese betragen beim Pkw 34,24 ct/km und beim Fahrrad 10,20 ct/km. Die Betriebskosten des Pkw sind also mehr als dreimal so hoch wie die des Fahrrads. Dem entgegen wirken die Reisezeitkosten. Zieht man die Reisezeitkosten heran, um die aufgewendete Zeit für die Reise von A nach B zu bewerten, so schneidet der Pkw-Lenker mit geringeren Kosten als der Radfahrer ab. Die Reisezeitkosten des Fahrradfahrers liegen mit 66,53 ct/km über den Reisezeitkosten des Pkw-Lenkers mit 54,29 ct/km.

Zu Beginn dieser Arbeit wurde folgende Hypothese aufgestellt:

**Das Fahrrad wirkt als Verkehrsmittel in der Stadt gesamtwirtschaftlich günstiger als der Pkw, gemessen an Indikatoren aus den drei Nachhaltigkeitsdimensionen. Bei einer Verschiebung des Modal Splits weg vom Pkw in Richtung Fahrrad bildet sich ein gesamtwirtschaftlicher Nutzen. Hierzu werden die verursachten gesamtwirtschaftlichen Effekte der beiden Verkehrsmittel gegenübergestellt.**

Sowohl der Vergleich der Effekte für den einzelnen Verkehrsteilnehmer und vor allem der Vergleich unterschiedlicher Szenarien in diesem Kapitel bestätigen diese Hypothese.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, wie sich die gesamtwirtschaftlichen Effekte (vor allem der externe Anteil) der beiden Verkehrsmittel Fahrrad und Pkw auswirken. Dazu wurden verschiedene quantitative Indikatoren aus den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit recherchiert:

- Betrieb
- Reisezeit
- Infrastruktur
- Gesundheit
- Lärm
- Unfälle
- Schadstoffe
- Klima

Des Weiteren wurden folgende qualitative Faktoren beschrieben:

- Wirtschaftsfaktor Fahrrad
- Erreichbarkeit / Kleinräumigkeit

Die quantitativen Indikatoren (außer der Infrastrukturkosten) haben die Einheit €-Cent pro gefahrenen Kilometer und bewerten die Effekte der beiden Verkehrsmittel monetär. Bei Betrachtung der aggregierten Indikatoren ergeben sich Gesamtkosten pro gefahrenen Fahrradkilometer von 1,55 ct/km sowie ein externer Nutzen von 81,47 ct/km. Beim Pkw entstehen Gesamtkosten von 98,38 ct/km und externe Kosten von 4,35 ct/km.

In einem weiteren Schritt wurden Szenarien für die Stadt Wien berechnet. Es wurde Rücksicht genommen, welche Pkw-Strecken in Wien tatsächlich durch das Fahrrad substituierbar sind. Ausgehend vom aktuellen Modal Split Wiens (4 % aller Wege per Fahrrad, 25 % aller Wege von Pkw-Lenkern zurückgelegt), wurden zwei Szenarien untersucht. Bereits beim Status Quo überwiegt der externe Nutzen des Fahrrades die externen Kosten des Pkw um 35 Mio. €/Jahr.

- Szenario 1: Fahrrad: 6 % aller Wege (4 % + 2 % vom Pkw-Verkehr)  
Pkw: 23 % aller Wege
- Szenario 2: Fahrrad: 7 % aller Wege (4 % + 3 % vom Pkw-Verkehr)  
Pkw: 22 % aller Wege

Dabei ergab sich ein zusätzlicher externer Nutzen von 111 Mio. €/Jahr bei Szenario 1 und von 167 Mio. €/Jahr bei Szenario 2 jeweils bezogen auf den Status Quo.

Die zu Beginn der Arbeit aufgestellte These, dass das Fahrrad auf ausgewählten Strecken in der Stadt gesamtwirtschaftlich günstiger wirkt als der Pkw wurde dadurch bestätigt. Im letzten Kapitel wurden verschiedene Gründe genannt, warum die Szenarienberechnung unvollständig ist. Es handelt sich in dieser Arbeit um einen Vergleich von Pkw und Fahrrad. In einem weiteren Schritt könnten die hier verwendeten Indikatoren auch für den öffentlichen Verkehr sowie für Fußgeher ermittelt werden, um eine verkehrsmittelübergreifende Betrachtung zu erzielen. Ebenso könnten weitere Indikatoren in die gesamtwirtschaftliche Bewertung einbezogen werden, z.B. der benötigte Flächenbedarf (fließender und ruhender Verkehr) sowie die durch die Verkehrsmittel verursachten Unfallkosten (die Gefährdung, die vom jeweiligen Verkehrsmittel für die anderen Verkehrsteilnehmer ausgeht).

## 7 Quellenverzeichnis

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(11): 1621-1628

ARAL (2010): Aral, auf

<http://www.aral.de/aral/faq.do?categoryId=4000141&contentId=56034#9>, 14.9.2010

BANFI S., DOLL C., MAIBACH M., ROTHENGATTER W., SCHENKEL P., SIEBER N., ZUBER J. (2000): External Costs of Transport, Accident, Environmental and Congestion Costs in Western Europe, Zürich / Karlsruhe

BECKER U., GERIKE R., WINTER M. (2009): Grundwissen Verkehrsökologie. Dresden: Eigenverlag Dresdner Institut für Verkehr und Umwelt

BMVIT (2007): Unfallkostenrechnung Straße unter Berücksichtigung des menschlichen Leids; Endbericht, Langfassung, Wien

BULL F. C., ARMSTRONG T. P., DIXON T. (2004): Physical activity. In: Ezzati u. a., Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. Kapitel 10, S729 – 881. WHO, Genf.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2006): Masterplan Radfahren – Strategie zur Förderung des Radverkehrs in Österreich. Wien

COPENHAGEN (2007): Bicycle Account 2006, auf

[http://kk.sites.itera.dk/apps/kk\\_publicationer/pdf/464\\_Cykelregnskab\\_UK.%202006.pdf](http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_publicationer/pdf/464_Cykelregnskab_UK.%202006.pdf),

10.5.2010

COPENHAGEN (2010): Copenhagen – City of Cyclists auf <http://www.kk.dk/cityofcyclists.aspx>,

10.5.2010

DE HARTOG J.J., BOOGARD H., NIJLAND H., HOEK G. (2010): Do The Health Benefits of Cycling Outweigh The Risks?, in Environmental Health Perspectives, doi: 10.1289/ehp.0901747 (verfügbar auf: <http://dx.doi.org/>)



DEKOSTER J. UND SCHOLLAERT U. (1999): Fahrradfreundliche Städte: Vorwärts im Sattel. Europäische Kommission, GD XI – Umwelt, Nukleare Sicherheit und Katastrophenschutz; Amt für Amtliche Veröff. Der Europ. Gemeinschaften, Brüssel

ECKEY H.-F., STOCK W. (2000): Verkehrsökonomie – Eine empirisch orientierte Einführung in die Verkehrswissenschaften, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden

EMBERGER G. (2009): Mobilitätsuntersuchung TU Univercity 2015, durchgeführt am Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, TU Wien

ENVIRONMENTAL TRANSPORT ASSOCIATION (1997): Road User Exposure to Air Pollution: Literature Review; ETA im Namen des Department of the Environment, Transport and the Regions, London

FSV (2010): RVS 02.01.22 Entscheidungshilfen für Kosten-Nutzen-Untersuchungen im Verkehrswesen, FSV Wien

HALLER R. (2008): Beschäftigungseffekte von Verkehrsinfrastruktur-Investitionen, basierend auf der gleichnamigen Diplomarbeit des Autors am Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik an der TU Wien, in ÖZV Nr. 43 2008, Wien

HBEFA (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1 vom 28.2.2004, Bern, Zürich, Heidelberg, Graz

HEINE J. E. (2005): Indikatoren nachhaltiger Entwicklung im Verkehr, Diplomarbeit für das Fachgebiet Verkehrswesen, Universität für Bodenkultur Wien

INFEKTIONSNETZ (2010): Infektionsnetz Österreich, auf <http://www.infektionsnetz.at/TextExtEpidemiologie.phtml>, 8.1.2010

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

JENSEN S. U. (2007): Cycling, sundhed og økonomi, Kopenhagen

JUEL K., SÖRENSEN J., BRÖNNUM-HANSEN H. (2006): Risikofaktorer og folkesundhed i Danmark, Kopenhagen

KURATORIUM FÜR VERKEHRSSICHERHEIT (2010 a): Kuratorium für Verkehrssicherheit auf <http://www.kfv.at/>, 6.5.2010

KURATORIUM FÜR VERKEHRSSICHERHEIT (2010 b): schriftliche Auskunft des Kuratoriums für Verkehrssicherheit, 16.6.2010

LEBENSMINISTERIUM (2009 a): Wirtschaftliche Evaluierung von Verkehrsinfrastruktur und Strategien, Lebensministerium Wien

LEBENSMINISTERIUM (2009 b): Gesundheitseffekte durch Radfahren – Kalkulator zur volkswirtschaftlichen Evaluierung – Benutzerhandbuch, Lebensministerium Wien

LEBENSMINISTERIUM (2009 c): schriftliche Auskunft des Lebensministeriums – Kalkulatorblatt HEAT, 16.12.2009

LEBENSMINISTERIUM (2010 a): schriftliche Auskunft des Lebensministeriums, 7.6.2010

LEBENSMINISTERIUM (2010 b): schriftliche Auskunft des Lebensministeriums, 18.11.2010

MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2006): Masterplan Verkehr Wien 2003 – Kurzfassung, aktualisierter Nachdruck, Wien

MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2008): Evaluierung des Masterplans Verkehr 2003, Wien

MAGISTRATSABTEILUNG 18 (2010): P. Holzapfel, R. Riedel, Verkehrsmodell Wien, Stadtplanung Wien – MA 18, Wien 2010

MAGISTRATSABTEILUNG 28 (2010): schriftliche Auskunft der Magistratsabteilung 28, 29.4.2010

MAIBACH M., SCHREYER C., SUTTER D., VAN ESSEN H. P., BOON B. H., SMOKERS R., SCHROTEN A., DOLL C., PAWLOWSKA B., BAK M.(2008): Handbook on estimation of external costs in the transportsector, CE Delft

MÜNSTER (2001): Zahlen und Fakten – Das Fahrrad als Wirtschaftsfaktor, Köln

MÜNSTER (2010): Stadt Münster auf:

<http://www.muenster.de/stadt/stadtplanung/radverkehr.html>, 10.5.2010

ÖAMTC (2010): ÖAMTC auf

[http://www.oeamtc.at/index.php?type=article&id=1129087&menu\\_active=0311](http://www.oeamtc.at/index.php?type=article&id=1129087&menu_active=0311), 10.5.2010

PEDERSEN B., SALTIN B. (2006): Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2006, 16(Suppl. 1):3–63.

PHILIPP M., ZOTTER F., GRAF J., MATIASEK F., SAMMER G., RÖSCHEL G., TISCHLER G., RADERBAUER H.-J., GRIESSER B. (2006): Leitfaden zur Erstellung des Umweltberichtes im Rahmen der strategischen Prüfung für Netzveränderungen hochrangiger Verkehrsinfrastruktur (SP-V-Leitfaden), Wien-Graz

SAMMER G., MESCHIK M., METH D., WEBER G., KOFLER T., ZEINER S. (2003): MOVE – Mobilitäts- und Versorgungserfordernisse im strukturschwachen ländlichen Raum als Folge des Strukturwandels, Universität für Bodenkultur Wien

SAMMER G., ROIDER O., KLEMENSCHITZ R. (2004): Mobilitäts-Szenarien 2035 – Initiative zur nachhaltigen Verkehrsentwicklung im Raum Wien, Wien

SAMMER G. (2008): Grundkonzept eines nachhaltigen öffentlichen Personennahverkehrs, in „Die Zukunft des öffentlichen Personennahverkehrs“, 4. Greifswalder Forum Umwelt und Verkehr 2008

SEYRINGER E. (2009): Analyse des Einzugsbereichs und Modal Splits von Nahversorgern, Diplomarbeit für das Fachgebiet Verkehrswesen, Universität für Bodenkultur Wien

SOCIALDATA (2007): Fahrradnutzung in Wien 2006; Potenziale für das Fahrrad in Wien; Vergleichende Analyse; Socialdata, Snizek und Partner, Wien-Linz

SOCIALDATA (2010): Socialdata – Institut für Verkehrs- und infrastrukturforschung auf: <http://www.socialdata.de/>, 23.7.2010

STATISTIK AUSTRIA (2010): Statistik Austria auf: <http://www.statistik.at>, 2.9.2010

TRAUB R. (2006):Vorschläge für die Unfallsanierung am Wiener „Radweg-Ring-Rund“. Diplomarbeit am Institut für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur, Wien

UMAD (2010): Umweltmesstechnik- und Datenverarbeitungsgesellschaft mbH auf <http://www.umad.de/infos/wirkungen/stickoxide.htm>, 7.9.2010

UMWELTBUNDESAMT (2010): Umweltbundesamt Österreich, auf [http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/verkehr/leistungen\\_verkehr/software\\_verkehr/hbefa/](http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/verkehr/leistungen_verkehr/software_verkehr/hbefa/), 25.1.2010

UPI (2010): Umwelt- und Prognose-Institut e.V., auf: <http://www.upi-institut.de/konzept.htm>

VAN WIJNEN J. H., VERHOEFF A. P., JANS H. W. A. (1995): The exposure of cyclists, car drivers and pedestrians to traffic-related air pollutants. Int Arch Occup Environ Health 67(3): 187-193

WCED (1987): World Comission on Environment and Develpement (WCED). Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung: Greven. Englisch unter [http://www.bne-portal.de/coremedia/generator/unesco/de/Downloads/Hintergrundmaterial\\_international/Brundtlandbericht.pdf](http://www.bne-portal.de/coremedia/generator/unesco/de/Downloads/Hintergrundmaterial_international/Brundtlandbericht.pdf), 31.10.2009

WHO (2010): schriftliche Auskunft von S. Kahlmeier, European Centre for Environment and Health / WHO Regional Office for Europe, 24.6.2010

WIEN (2010): Radwegnetz Wien auf <http://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren/pdf/fakten-3.pdf>, 1.12.2010

WIKIPEDIA (2010 a): Wikipedia auf <http://de.wikipedia.org/wiki/Volkswirtschaft>, 15.11.2010

WIKIPEDIA (2010 b): Wikipedia auf [http://de.wikipedia.org/wiki/Externer\\_Nutzen](http://de.wikipedia.org/wiki/Externer_Nutzen), 15.11.2010

WIKIPEDIA (2010 c): Wikipedia auf <http://de.wikipedia.org/wiki/Benzol>, 7.9.2010

WIKIPEDIA (2010 d): Wikipedia auf <http://de.wikipedia.org/wiki/Feinstaub>, 7.9.2010

WODITSCH M. (1993) Sicherheitsfragen im Radverkehr am Beispiel der Wiener Radverkehrsanlagen. Diplomarbeit am Institut für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur, Wien