



Climate mobil

Mobilitätsmanagement und
Klimaschutz in Regionen

Modul 2: Instrumente der Mobilitätsbewertung

DI Dr. Paul Pfaffenbichler (Österreichische Energieagentur)
Ao.Univ.Prof.Dr. Günter Emberger (TUW-IVV)

Wien, am 30. August 2011



Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ durchgeführt.

Projektleitung:

DI Dr. Hannes SCHAFFER

Projektteam:



mecca | Ingenieurbüro für Raum- und Landschaftsplanung

Unternehmensberatung | EDV Dienstleistungen

DI Dr. Hannes Schaffer (Teamleiter)

DI Hartmut Dumke

Mag. Stefan Plha

DI Christina Ringler



Österreichisches Ökologie Institut

DI Manfred Koblmüller (Teamleiter)

DI Georg Tappeiner

Mag. Willi Sieber

Mag. Iris Gruber



AUSTRIAN ENERGY AGENCY

Österreichische Energieagentur

DI Dr. Paul Pfaffenbichler (Teamleiter)

Mag. Nina Pickl

Mag. Reinhard Jellinek

Mag. Robin Krutak



Technische Universität Wien, Institut für Verkehrswissenschaften,
Fachbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

Ao. Univ. Prof. Mag. Dr. Günter Emberger (Teamleiter)

Mag. Anna Mayerthaler

Dipl. Ing. Reinhard Haller

Wien, am 30. August 2011

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	6
1.1 Ziele des Moduls	6
1.2 Inhalt und Beschreibung	6
2. Der Begriff „Mobilität“	6
2.1 Was ist Mobilität?	6
2.2 Warum sind wir mobil?	8
2.3 Wie kann Mobilität gemessen werden?	9
3. Systematischer Rahmen der Mobilitätsbewertung	12
4. Methoden und Instrumente der drei Ebenen der Mobilitätsbewertung	13
4.1 Beschreibung des Status Quo	13
4.1.1 Indikatoren	13
4.1.2 Erhebungsmethoden	14
4.2 Prognose der Auswirkungen von Massnahmen	14
4.2.1 Qualitative Methoden	15
4.2.2 Quantitative Methoden	15
4.2.2.1 Systematisierte Expertenschätzung	15
4.2.2.2 Elastizitäten	15
4.2.2.3 Verkehrsmodelle	17
4.3 Bewertung der Veränderungen	18
4.3.1 Qualitative Methoden	18
4.3.1.1 Rangordnungen	18
4.3.1.2 Schrittweise Rückstellung	18
4.3.1.3 Paarvergleich	19
4.3.2 Quantitative Bewertungsmethoden	20
4.3.2.1 Wirkungsanalyse	20
4.3.2.2 Nutzwertanalyse (NWA)	20
4.3.2.3 Kosten-Nutzen-Analyse	21
4.3.2.4 Kosten-Wirksamkeits-Analyse	21
4.3.2.5 Multikriterienanalyse	21
5. Ansprüche der Regionen an Methoden zur Mobilitätsbewertung	21
5.1 Von den Praxispartnern genannte Themen	21
5.1.1 MobiTipp Perg	21
5.1.2 Mobilitätszentrale Burgenland	22
5.1.3 Energiepark Bruck an der Leitha	22
5.2 Anspruch der Regionen versus Angebot der Wissenschaft	22
6. Maßgeschneiderte Werkzeuge für die Mobilitätsbewertung in Regionen	22
6.1 Ursache-Wirkungsdiagramme	23
6.2 Verkehrsnachfragemodell - Entfernungsklassen	25
6.2.1 Ziel und Zweck des Entfernungsklassenmodells	25
6.2.2 Voraussetzungen	25
6.2.3 Beschreibung des Vensim-Modells	25
6.2.4 Beschreibung der Dateneingabe	38
7. Schlußfolgerungen & Zusammenfassung	48
8. Literatur	50
9. Anhang	51
9.1 Mathematische Beschreibung des ClimatMOBIL-Tools	51
9.2 Beispiel Verkehrsmittelwahlmodell	55
9.2.1 Fragestellung	55
9.2.2 Daten	55

9.2.2.1	Motorisierter Individualverkehr	56
9.2.2.2	Öffentlicher Verkehr	56
9.2.3	Berechnung	56
9.2.3.1	Motorisierter Individualverkehr	56
9.2.3.2	Öffentlicher Verkehr	56
9.2.3.3	Vergleich der Widerstände	56
9.2.3.4	Verkehrsmittelwahl Status Quo	57
9.2.3.5	Modellierung der Auswirkung von Maßnahmen	58

1. EINLEITUNG

1.1 ZIELE DES MODULS

Ziel des Moduls „Instrumente der Mobilitätsbewertung“ ist es einerseits ein möglichst umfassendes Inventar existierender Methoden und Instrumente der Mobilitätsbewertung zu erstellen und andererseits daraus für verschiedene Regionstypen maßgeschneiderte Instrumente abzuleiten bzw. neu zu entwickeln.

1.2 INHALT UND BESCHREIBUNG

Für eine Bewertung der Mobilität sind Methoden und Instrumente auf drei verschiedenen Ebenen notwendig:

1. Es muss der Status Quo der Mobilität in der untersuchten Region beschrieben werden.
2. Es muss möglich sein, die Auswirkungen von Maßnahmen oder exogenen Veränderungen auf die Mobilität vorherzusagen.
3. Es muss eine geeignete Methode zur Beurteilung dieser Veränderungen existieren (dies beinhaltet die Definition eines geeigneten Zielsystems).

Für alle drei Ebenen wurden vor allem ab den 1970er Jahren eine Vielzahl an formalen Methoden und Modellen entwickelt. Die Verfügbarkeit von Rechnerleistung hat diese Entwicklung stark beschleunigt. Es ist jedoch ein immer breiter werdender Spalt zwischen den in der Wissenschaft entwickelten und den in der realen Planungspraxis verwendeten Methoden zu beobachten. Dies trifft vor allem auf ländlich geprägte Regionen zu, die in der Regel über geringere personelle und finanzielle Ressourcen für Datenbeschaffung und Planung verfügen, als städtische Agglomerationen. Mit dem Ziel diese Diskrepanz zu verringern, wurden die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt und in den entsprechenden Kapiteln beschrieben.

Als Einstieg wird in Kapitel 2 das Verständnis und die Verwendung des Begriffs „Mobilität“, wie er im Projekt ClimateMOBIL zur Anwendung kommt, näher beleuchtet und beschrieben. In Kapitel 0 wird ein systematischer Rahmen für den Ablauf einer Bewertung und Beurteilung verkehrsplanerischer Maßnahmen und Entwicklungen vorgestellt. In Kapitel 4 werden existierende Methoden und Instrumente für die drei oben erwähnten Ebenen der Mobilitätsbewertung beschrieben. In Kapitel 5 wird näher auf die Bedürfnisse der Nutzer in den Regionen eingegangen. Abgeleitet von den daraus abgeleiteten Anforderungen an wissenschaftliche Methoden werden in Kapitel 6 maßgeschneiderte Werkzeuge zur Mobilitätsbeurteilung entwickelt und vorgestellt. Kapitel 7 fasst die in diesem Bericht angestellten Überlegungen und Entwicklungen in kompakter Weise zusammen.

2. DER BEGRIFF „MOBILITÄT“

2.1 WAS IST MOBILITÄT?

Im Duden ist unter dem Stichwort Mobilität der folgende Eintrag zu finden (Duden, 1997):

Mo|bi|li|tät <lat.> die; -: 1. (geistige) Beweglichkeit. 2. Beweglichkeit von Individuen od. Gruppen innerhalb der Gesellschaft. 3. die Häufigkeit des Wohnsitzwechsels einer Person (Bevölkerungsstatistik). © Dudenverlag

Im allgemeinen Sprachgebrauch beschreibt Mobilität nicht nur die Beweglichkeit (mögliche Bewegung) sondern ebenso die tatsächliche Bewegung von Menschen und Sachen (Umweltbundesamt, 2009). In (Umweltbundesamt, 2009) wird Mobilität nach potentieller und realisierter Mobilität unterschieden. Der Begriff Mobilität enthält sowohl die Bedeutung von Beweglichkeit als auch von Bewegung, d.h. von Zielerreichbarkeit und tatsächlicher Zielerreichung, i.e. von potentieller und realisierter Mobilität. Dies führt zu folgender Mobilitätsdefinition:

Je mehr Aktivitätsziele in der verfügbaren Zeit erreichbar sind, umso höher ist die potentielle

Mobilität. Je mehr Aktivitätsziele tatsächlich erreicht werden, um so höher ist die realisierte Mobilität (Umweltbundesamt, 2009).

Der Begriff Mobilität kann nach verschiedenen Aspekten eingeteilt werden (Abbildung 1). Mobilität kann unterschieden werden nach sozialer, geistiger und physischer Mobilität. Durch geistige oder soziale Mobilität kann die physische Mobilität beeinflusst werden. Nicht umsonst sagt das Sprichwort: „Was man nicht im Kopf hat, das muss man in den Beinen haben“. Die physische Mobilität kann weiter in langfristige und kurzfristige Mobilität unterteilt werden. Langfristige Mobilität sind z.B. der Wechsel des Wohnsitzes oder des Arbeitsstandorts. Die kurzfristige physische Mobilität kann weiters in nicht motorisierte und motorisierte Mobilität unterteilt werden. Als Möglichkeiten für nicht motorisierte Mobilität stehen im Wesentlichen zu Fuß gehen und Rad fahren zur Verfügung. Für manche Bevölkerungsgruppen wie z.B. Schüler können auch Scooter (Tretroller) eine signifikante Rolle spielen¹. Als Möglichkeiten der motorisierten Mobilität stehen der öffentliche Verkehr (ÖV, d.h. Bus, Straßenbahn, U-Bahn, Eisenbahn), Motorrad (inkl. Moped), Pkw und Flugzeug zur Verfügung. Schiffe spielen zumindest in einem Binnenland wie Österreich nur eine untergeordnete Rolle. Seit kurzer Zeit beginnen außerdem Elektrofahrräder bzw. Pedelecs, das sind Muskelkraft-Elektro-Hybridfahrzeuge, eine gewisse Rolle zu spielen.

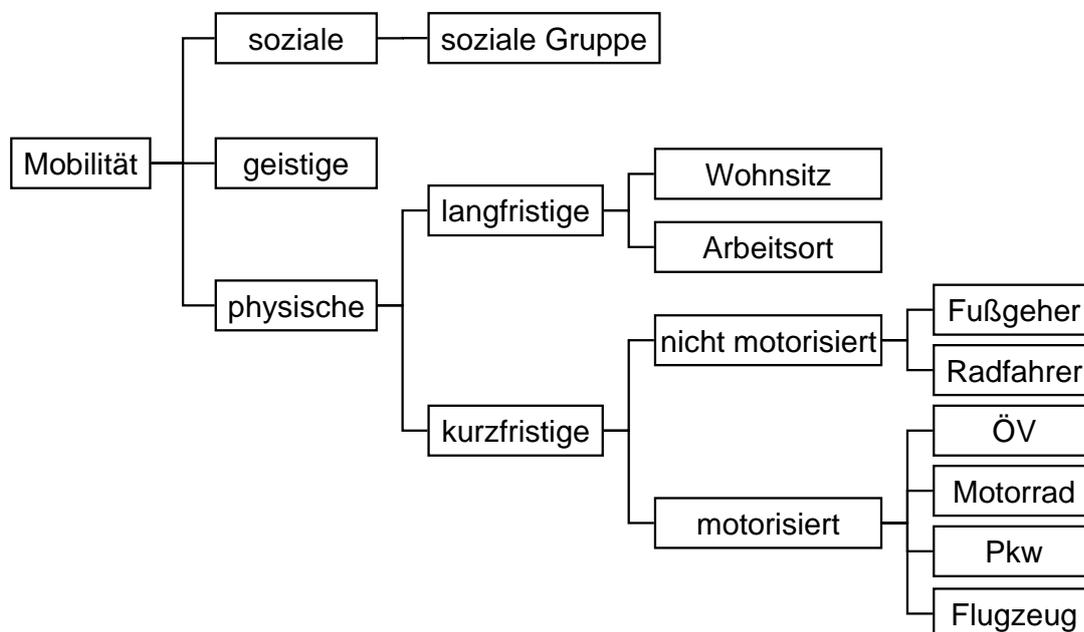


Abbildung 1: Einteilung des Begriffs „Mobilität“

Wenn im Zusammenhang mit Verkehrs- oder Raumplanung von Mobilität gesprochen wird, dann ist zumeist ein physischer, kurzfristiger Ortswechsel, d.h. realisierte kurzfristige Mobilität gemeint. In den meisten Fällen beschränkt sich der Blick zu dem auf den motorisierten Individualverkehr (MIV, d.h. Pkw und Motorrad). Eventuell wird noch der öffentliche Verkehr mitgedacht, der nicht motorisierte Verkehr wird aber fast immer ignoriert. *Weil kurze Wege, nicht Arbeitsplatz bezogene Wege, Wege von Kindern oder Zugangswege zum Parkplatz oder der Haltestelle ignoriert werden, sind zu Fuß zurückgelegte Wege in Verkehrserhebungen meist unterrepräsentiert²* (VTPI, 2010b).

¹ Befragungen der TeilnehmerInnen an der Kinderuni über ihre Schulwege ergaben z.B. bis zu 20 % Anteile für Scooter;

Quelle: www.ivv.tuwien.ac.at/institut/archiv/kinderuni.html

² Eigene Übersetzung, Original in Englisch: *Transportation surveys often undercount walking trips because they ignore short trips, non-commute trips, travel by children, or non-motorized links of automobile and transit trips.*

In (Schindler et al., 2009) S. 128 f. sind die folgenden Definitionen zu finden:

- *Verkehr: Verkehr ist die Ortsveränderung von Personen und Gütern von A nach B.*
- *Mobilität: Mobilität ist Beweglichkeit im Sinne von Potentialen für Ortsveränderungen von Personen, Gütern und Informationen sowie die tatsächliche Bewegung (Verkehr).*

Zusammenfassend kann daher gesagt werden, dass in der vorherrschenden Wahrnehmung der Begriff Mobilität häufig zu motorisiertem Individualverkehr degeneriert. Ein großer Teil der Bandbreite, welche Mobilität ausmacht, wird dabei ausgeblendet. Im Rahmen des Projekts ClimateMOBIL wird Mobilität dagegen umfassend verstanden und beinhaltet alle Aspekte und Verkehrsmittel.

2.2 WARUM SIND WIR MOBIL?

Mobilität ist kein Selbstzweck. Mobilität dient dazu, unsere lebensnotwendigen Bedürfnisse zu decken (Abbildung 2). Da es an keinem Ort der Welt möglich ist, alle Bedürfnisse zu befriedigen, ist ein bestimmtes Maß an Mobilität im Sinne von physischer Ortsveränderung d.h. Verkehr zwingend notwendig.



Abbildung 2: Bedürfnispyramide nach Maslow (Maslow, 1943)

Es ist festzuhalten, dass ein spezifisches Mobilitätsverhalten seinen Ursprung immer in den Bedürfnissen der entsprechenden Person hat (Herry et al., 2009) S. 18. Aus den Bedürfnissen erwächst ein Aktivitätsbedarf, der eine Nachfrage nach Aktivitäten und zumeist auch eine Ortsveränderung auslöst. Die Kausalkette bei der Entstehung von Mobilität im Sinne von Verkehr lautet daher: Bedürfnis - Aktivitätsbedarf - Aktivitätsnachfrage - Ortsveränderung.

Abbildung 3 zeigt eine etwas detailliertere Darstellung der Kausalkette vom Bedürfnis hin zur Ortsveränderung d.h. zu Mobilität im Sinne von Verkehr. Ein *Bedürfnis* löst einen *Aktivitätsbedarf* aus. Aus diesem entsteht eine *Aktivitätsnachfrage*. Lässt das *Aktivitätsangebot am Standort* die notwendige Art von Aktivität zu, dann kann es direkt zur *Aktivität* kommen, welche das *Bedürfnis* befriedigt. Kann die Aktivität am Standort nicht durchgeführt werden, kommt es zu einer *Ortsveränderung* um zu einem geeigneten Standort zu gelangen.

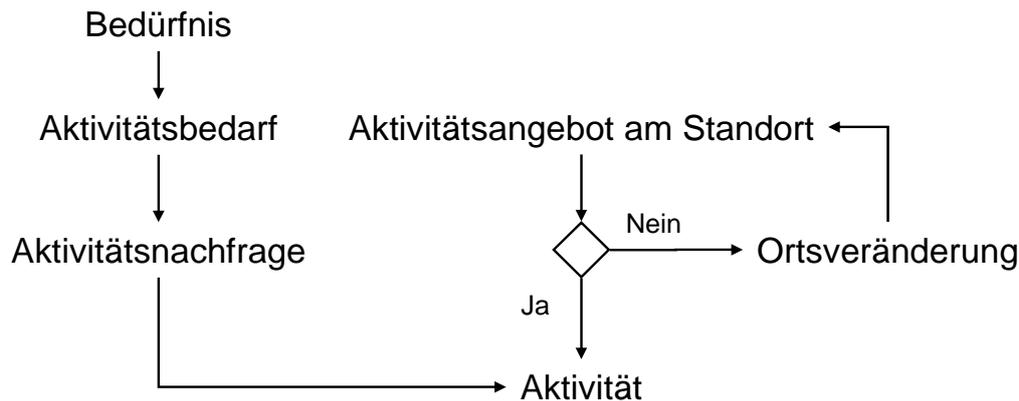


Abbildung 3: Kausalkette Bedürfnis - Ortsveränderung

Zur Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen realisierter Mobilität und Bedürfnisbefriedigung fasst Tabelle 1 die durch eine Urlaubsreise die auf den verschiedenen Stufen der Bedürfnispyramide nach Maslow befriedigbaren Bedürfnisse zusammen.

Tabelle 1: Bedürfnisbefriedigung durch eine Urlaubsreise

Ebene	Bedürfnis
Körperliche Bedürfnisse	Ausruhen
Sicherheit	-
Soziale Beziehungen	Festigung der Partnerschaft, Pflege von Freundschaften
Soziale Anerkennung	Reiseziele als Statussymbol
Selbstverwirklichung	Individualität

Quelle: (Pfaffenbichler, 2007)

2.3 WIE KANN MOBILITÄT GEMESSEN WERDEN?

Managementexperten sagen oft „Was du nicht messen kannst, das kann auch nicht gesteuert werden“³ (VTPI, 2010a). D.h. um Mobilitätsmanagement vernünftig durchführen zu können, müssen geeignete quantifizierbare Indikatoren definiert werden. Üblicherweise ist es nicht möglich, mit einer einzigen Maßzahl alle Aspekte einer Managementaufgabe abzubilden. Was wir messen, wie wir es messen und wie wir die daraus resultierenden Daten präsentieren hat einen signifikanten Einfluss darauf, wie und wo wir ein Problem sehen und welchen Lösungsansatz wir auswählen. Was und wie gemessen wird, beeinflusst damit schlussendlich auch das physische System. Wie Ken Alder erklärt, „Maßzahlen sind mehr als ein Erzeugnis der Gesellschaft, sie erzeugen die Gesellschaft“, und beeinflussen maßgeblich das Verhältnis zwischen den Menschen⁴ (VTPI, 2010a)

Mobilität lässt sich auch quantifizieren. Je mehr Aktivitätsziele erreicht werden, um so höher ist die Mobilität. Diese Definition impliziert, dass die Zielerreichung mobilitätsbestimmend ist, und nicht die Weglänge. Sie verbindet Mobilität und individuell angestrebte Aktivität (Bedürfnisbefriedigung) und enthält keine Wertung z. B. über erwünschte oder unerwünschte, notwendige oder überflüssige Aktivitäten (Umweltbundesamt, 2009).

³ Eigene Übersetzung, Original in Englisch: *Management experts often say that, "you can't manage what you can't measure."*

⁴ Eigene Übersetzung, Original in Englisch: *As Ken Alder explains, "Measures are more than a creation of society, they create society," and fundamentally affect the relationships between people.*

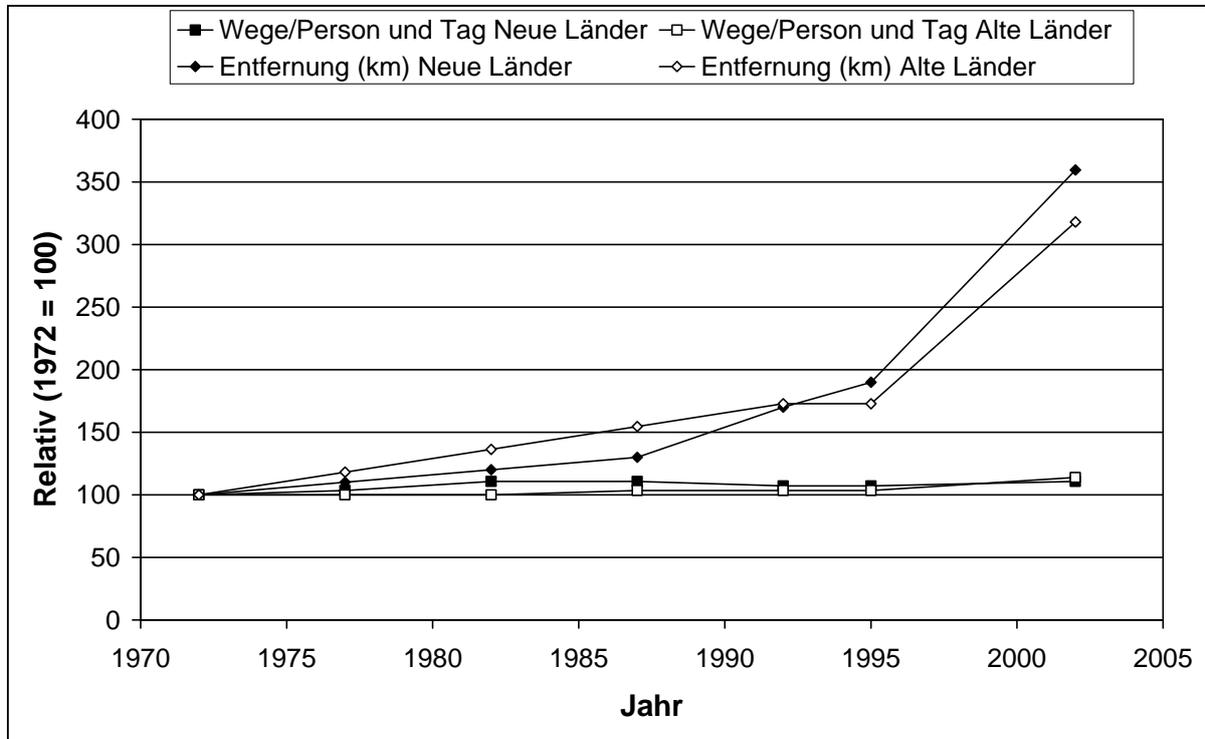
Um etwas messen zu können, werden geeignete Maßzahlen, Indikatoren benötigt. In Tabelle 2 sind einige Indikatoren dargestellt, die (Teil-)Aspekte der Mobilität beleuchten.

Tabelle 2: Indikatoren zur Beschreibung der Mobilität (Auswahl - Liste ist nicht vollständig)

Bedeutung	Aspekt	Indikator
Realisierte Mobilität	Anzahl der Ortswechsel	Anzahl der Gesamtwege je Person und Tag
		Anteil nach Verkehrsmittel
	Länge der Ortswechsel	Zurückgelegte Entfernung je Person und Tag
		Durchschnittliche Weglänge nach Verkehrsmittel
		Anteil nach Verkehrsmittel
		Fahrzeugkilometer
	Dauer der Ortswechsel	Reisezeit je Person und Tag
		Durchschnittliche Dauer eines Weges nach Verkehrsmittel
		Anteil nach Verkehrsmittel
	Geschwindigkeit	Reisegeschwindigkeit nach Verkehrsmittel
	Energie	Spezifischer Energieverbrauch nach Verkehrsmittel
		Energieverbrauch pro Person und Tag
	Emissionen	Spezifische Emissionen nach Verkehrsmittel
Emissionen pro Person und Tag		
Potentielle Mobilität	Zugang zu Verkehrsmitteln	Fahrzeugbesitz und -verfügbarkeit
		Körperliche Eignung
		Entfernung zur Haltestelle
		Bedienungshäufigkeit und Betriebsdauer
	Erreichbarkeit	Anzahl der Arbeitsplätze/Aktivitäten, die in einer bestimmten Zeit erreicht werden können
		Anzahl der Arbeitsplätze/Aktivitäten, die mit einem bestimmten, gewichteten Aufwand (generalisierte Kosten) erreicht werden können
		etc.

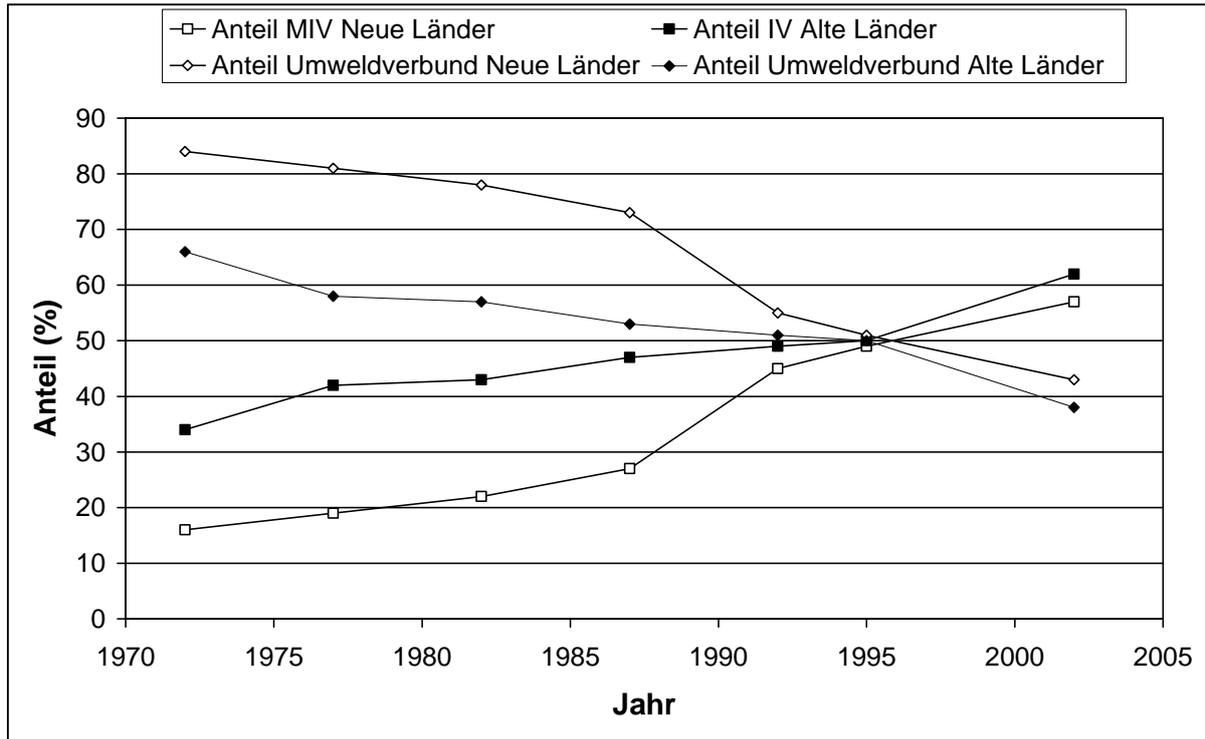
In der medialen Berichterstattung ist häufig von Mobilitätswachstum die Rede. Dieses Bild einer zunehmenden Mobilität hat sich tief in die öffentliche Meinung eingepreßt. Worauf beruht diese Einschätzung und ist diese überhaupt korrekt? Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der Indikatoren „Fahrzeugkilometer“ und „Anzahl der Gesamtwege je Person und Tag“ in Deutschland unterteilt nach alten und neuen Bundesländern. Wird der Indikator „Fahrzeugkilometer“ als repräsentativ für die Mobilität angesehen, dann hätte sich die Mobilität in Deutschland zwischen 1972 und 2002 mehr als verdreifacht. Wie das deutsche Umweltbundesamt weiter oben zitiert wurde, ist aber nicht die Weglänge mobilitätsbestimmen sondern die Zielerreichung. Diese kann mit dem Indikator „Wege pro Person und Tag“ gemessen werden. Wie ein Blick auf Abbildung 4 zeigt, hat sich dieser Indikator seit 1972 praktisch nicht verändert. D.h. es ist nicht die Mobilität gewachsen, sondern nur die Art wie die Menschen in Deutschland mobil sind. Dies zeigt auch die Entwicklung des Modal Split (Abbildung 5). Seit den 1970er Jahren hat der Anteil des Umweltverbundes (zu Fuß gehen, Fahrrad,

öffentlicher Verkehr) stetig zu Gunsten des motorisierten Individualverkehrs Anteile verloren. Die motorisierte Individualmobilität ist gewachsen, während die nichtmotorisierte und kollektive Mobilität zurückgegangen ist. Mit dem Anteil des motorisierten Individualverkehrs steigt auch die zurückgelegte Entfernung. Die Einengung des Begriffs Mobilität auf den motorisierten und die Verwendung des Indikators „Fahrzeugkilometer“ führte in der Gesellschaft zur falschen Wahrnehmung einer insgesamt steigenden Mobilität.



Quelle: (Brög and Erl, 1999; Follmer et al., 2004)

Abbildung 4: Entwicklung der Zahl der Wege pro Person und Tag sowie der zurückgelegten Entfernung in Deutschland 1972 bis 2002



Quelle: (Brög and Erl, 1999; Follmer et al., 2004)

Abbildung 5: Entwicklung der Zahl des Anteils des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des Umweltverbunds (zu Fuß gehen, Fahrrad, öffentlicher Verkehr) an den Wegen in Deutschland 1972 bis 2002

3. SYSTEMATISCHER RAHMEN DER MOBILITÄTSEBWERUNG

Die Begriffe „Beurteilung“ und „Bewertung“ werden oft synonym verwendet. In (May et al., 2003) werden diese beiden Begriffe aber dazu verwendet, verschiedene Phasen der Planung zu beschreiben. Beurteilung ist ein genereller Prozess um zu entscheiden, was ein System oder ein Strategie leistet. Bewertung ist in (May et al., 2003) eine spezielle Anwendung der Beurteilung in Form einer Expost-Untersuchung verwirklichter Projekte. In beiden Fällen lautet die Frage: „Wie gut erfüllt eine Strategie die vorher definierten Ziele?“.

- **Beurteilung:** Wie gut wird eine geplante Strategie die gewünschte Leistung erbringen?
- **Bewertung:** Wie gut hat eine umgesetzte Strategie die gewünschte Leistung erbracht?

In (May et al., 2003) wird für eine rationale Planung die in Abbildung 6 dargestellte logische Struktur vorgeschlagen. Innerhalb dieser Struktur erfolgt die Beurteilung der Auswirkungen potentieller Strategien bzw. Maßnahmen vor deren Umsetzung (ex-ante Analyse). Nach der Umsetzung der ausgewählten Strategie wird deren Erfolg bewertet (ex-post Analyse).

Im Rahmen des Projekts ClimateMOBIL wird auf die semantische Unterscheidung zwischen ex-ante und ex-post Analysen verzichtet. Es wird dafür allgemein der Begriff Bewertung verwendet. Abgesehen von diesem Unterschied wird aber auf die in Abbildung 6 dargestellte Struktur der Planung Bezug genommen.

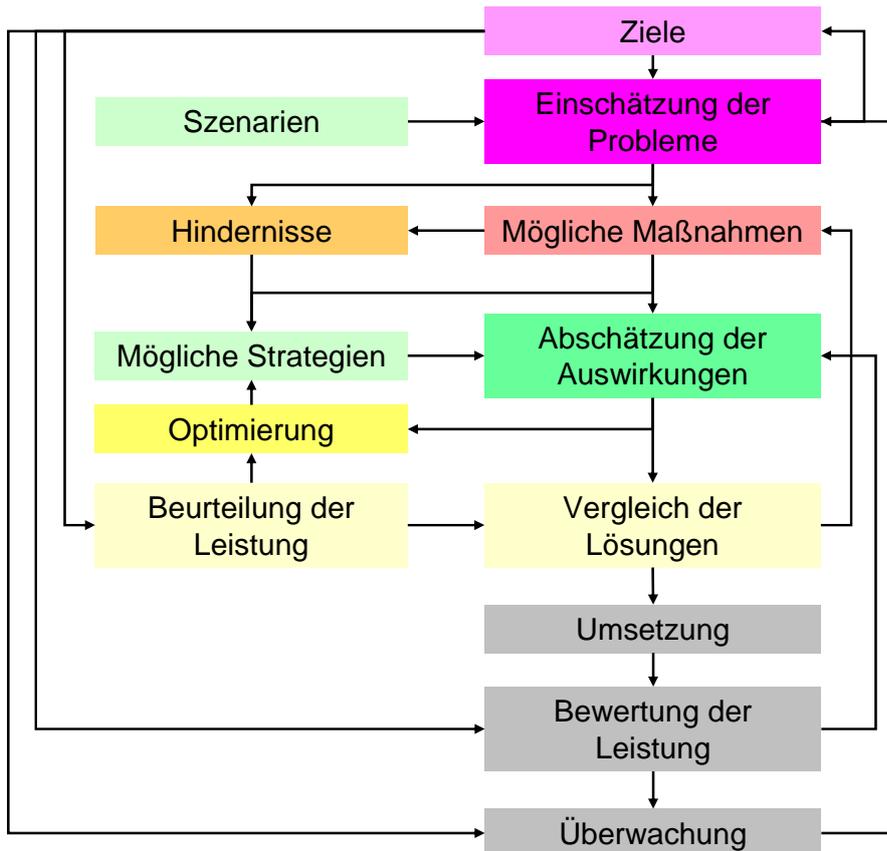


Abbildung 6: Eine logische Struktur für eine rationale Planung; Quelle: (May et al., 2003)

4. METHODEN UND INSTRUMENTE DER DREI EBENEN DER MOBILITÄTBEWERTUNG

4.1 BESCHREIBUNG DES STATUS QUO

4.1.1 INDIKATOREN

In Tabelle 2, Abschnitt 2.3 wurde schon eine Reihe von in der Verkehrsplanung häufig verwendeten Indikatoren vorgestellt. Da Verkehr ein mehrdimensionales System darstellt, ist diese Fülle von Indikatoren zur Beschreibung des Systemzustandes notwendig.

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass verkehrsplanerische bzw. raumplanerische Wirkungen in der uns umgebenden gebauten Realität nur sehr langsam stattfinden. Daraus leitet sich die Notwendigkeit von Zeitreihen der Indikatoren zur Systembeschreibung ab. Je nach Wirkung einer verkehrsplanerischen Maßnahme sind hier adäquate Erfassungszeitintervalle zu wählen. Zum Beispiel ist die Entlastungswirkung einer Ortsumfahrungsstraße durch eine, kurz nach Eröffnung durchgeführte Erhebung des Fließverkehrs auf der betroffenen Ortsdurchfahrt nachweisbar. Die längerfristige Auswirkung auf die Siedlungsstruktur, die Veränderung der Wegzielwahl und der Wohnungs- und Arbeitsplatzwahl in der Region ist aber nur durch, eine in regelmäßigen Zeitabständen (empfohlen ist hier alle 10 Jahre), durchzuführende Haushaltsbefragung zu ermitteln.

Wie aus dem oben genannten Beispiel leicht erkennbar ist, sind diese längerfristigen Zeitreihenerfassungen von Indikatoren zur Beurteilung verkehrlicher Maßnahmen notwendig. Viele Indikatorzeitreihen sind nur ab den 1970er Jahren verfügbar und durch die Weiterentwicklung der Erhebungsmethoden (verschiedene Klasseneinteilungen, Computertechnologie, elektronische

Datenerfassungsmethoden, etc...) nicht bzw. nur bedingt miteinander vergleichbar.

Leider werden aus Kostengründen in Österreich, aber auch in anderen Ländern, Verkehrserhebungen nicht mit der notwendigen Regelmäßigkeit durchgeführt. So fand zum Beispiel die letzte österreichweit durchgeführte Mobilitätsbefragung im Jahr 1995 statt (Herry and Sammer, 1999). Einen guten Überblick über die in Österreich verfügbaren Mobilitätsdaten bieten die Publikationen „Verkehr in Zahlen“ (Herry et al., 2007) und „Der Radverkehr in Zahlen“ (BMVIT, 2010).

Abschließend kann gesagt werden, Indikatoren(-zeitreihen) zur Beschreibung des Ist-Zustandes und zur Dokumentierung von Veränderungen sind ein wichtiges Instrument, um seriöse Verkehrsplanung betreiben zu können.

4.1.2 ERHEBUNGSMETHODEN

Es gibt eine Vielzahl von Erhebungsmethoden zur Messung des Ist-Zustandes. Allen gemeinsam ist, dass sie kostenintensiv⁵ sind; daher oft bei der Erstellung von Verkehrskonzepten „eingespart“ werden und durch subjektive „Expertenschätzungen“ substituiert werden.

Folgende Einteilung der Erhebungsmethoden wird in der Verkehrswissenschaft verwendet: Erhebungen des fließenden Verkehrs, Erhebungen des ruhenden Verkehrs, Erhebungen des öffentlichen Verkehrs, Erhebungen zur Struktur des Untersuchungsgebietes, Haushaltsbefragungen und Sondererhebungen.

Die Erhebungsinhalte können aus den Namen der Erhebungsmethoden abgeleitet werden, so wird zum Beispiel bei einer Erhebung des Fließverkehrs gezählt, wie viele Fußgänger, Fahrradfahrer, PKW, Lieferwagen, Lastkraftwagen, Lastkraftwagen mit Anhänger, Busse oder Taxis einen bestimmten Straßenquerschnitt in einer bestimmten Zeiteinheit in eine bestimmte Richtung passieren.

Es würde den Rahmen dieses Berichts sprengen alle in der Verkehrsplanung angewandten Erhebungsmethoden auch nur kurz zu beschreiben, eine ausführliche Zusammenstellung der in der Praxis angewendeten Erhebungsmethoden und deren Aufgaben finden sich in den „Studienblättern zu den Vorlesungen Verkehrsplanung und Verkehrsplanung für Bauingenieure des Fachbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der TU Wien“ bzw. dem Buch „Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung“ (Schnabel and Lohse, 1997b), Band 2, Seite 110 ff.

Grundsätzlich gilt für alle Verkehrserhebungen, dass an einem „mittleren“ Wochentag (Dienstag, Mittwoch oder Donnerstag) außerhalb von Schulferien in einer „normalen“ Woche ohne Feiertage oder anderen außergewöhnlichen Ereignissen (Markttag, Stadtfest, Messe, etc...) erhoben werden soll. Andere Erhebungstage sind nur bei entsprechenden Fragestellungen zulässig (Erhebung von Urlaubs- oder Wochenendverkehr, Wochenpendlerverkehre, Großveranstaltungen, usw.).

Primäres Ziel von Verkehrserhebungen ist es ein belastbares und objektives Mengengerüst zur Beschreibung des Ist-Zustandes zu erhalten.

4.2 PROGNOSE DER AUSWIRKUNGEN VON MASSNAHMEN

Es existieren verschiedene Methoden, um die Auswirkungen von Verkehrs- und Mobilitätsmanagementmaßnahmen einerseits qualitativ und andererseits auch quantitativ zu prognostizieren.

⁵ Interessanterweise werden bei Verkehrsplanungsprojekten sehr oft diese Vorher-und/oder Nacherhebungen aus Budgetgründen gestrichen. Nur zum Vergleich eine komplette Verkehrserhebung für eine Gemeinde mit 10.000 Einwohnern kostet im Bereich von 20.000 bis 40.000 Euro - ein Kilometer Umfahrungsstraße rund 1.000.000 bis 3.000.000 Euro, also rund das 100 fache! (verwendete Zahlen sind geschätzte Erfahrungswerte)

4.2.1 QUALITATIVE METHODEN

Bei den qualitativen Methoden sind die Methode der Szenariotechnik und die der Ursache-Wirkungsdiagramme erwähnenswert.

Bei der Szenariotechnik werden mögliche zukünftige Entwicklungen (=Szenarien) narrativ beschrieben. Meist wird von einem Trendszenario (Business as usual - alles bleibt gleich - Ceteris paribus Szenario) ausgegangen und die Auswirkungen von bestimmten, vom Trendszenario abweichenden Maßnahmen beschrieben. Durch die immer weitere Entfernung von der Gegenwart und der damit verbundenen Zunahme der Unsicherheiten entstehen immer größere Abweichungen vom Trendszenario. Jenes Szenario, das die bestmögliche Entwicklung darstellt nennt man „best case“, jenes das die schlechteste mögliche Entwicklung beschreibt „worst case“.

Die Nachteile dieser Methode liegen in der wenig strukturierten Auswahl der relevanten Systemzusammenhänge. Es ist zum einen sehr subjektiv, welche und wie viele Zusammenhänge in der narrativen Beschreibung Berücksichtigung finden. Auf der anderen Seite kann sich die Berücksichtigung zu vieler Zusammenhänge auch kontraproduktiv auf den Erkenntnisgewinn auswirken.

Eine formalere Methode qualitative Systemzusammenhänge zu beschreiben und deren Auswirkungen abzuschätzen, ist die Methode der Ursache Wirkungsdiagramme. Diese Methode wird im Detail im Kapitel 6.1 dieses Berichts anhand eines Beispiel aus der Praxis erläutert.

4.2.2 QUANTITATIVE METHODEN

4.2.2.1 Systematisierte Expertenschätzung

Eine systematisierte Expertenschätzung wird z.B. im Programm klima:aktiv mobil zur Berechnung der CO₂-Einsparpotentiale verwendet. Diese läuft nach dem folgenden Muster ab. Der Experte schätzt, dass seiner Erfahrung nach Maßnahme X den Modal Split des motorisierten Individualverkehrs um y Prozent verringert. Bei einer Bevölkerung von Z Personen und einer durchschnittlichen täglichen Wegeanzahl n werden daher m Pkw-Wege pro Tag durch andere Verkehrsmittel ersetzt. Mit einer durchschnittlichen Weglänge von k Kilometern und Emissionen von l Gramm pro Kilometer ergeben sich daraus CO₂-Einsparungen von T Tonnen pro Jahr.

4.2.2.2 Elastizitäten

In der Ökonomie wird die Sensitivität gegenüber Preisen in Elastizitäten ausgedrückt (Litman, 2010). Die Elastizität ist definiert als die prozentuelle Änderung der Nachfrage nach einem Gut, hervorgerufen durch eine einprozentige Änderung des Preises oder einer anderen Charakteristik (z.B. Reisezeit) des Gutes. Eine Elastizität von -0,5 für die Pkw-Benutzung bezogen auf die Betriebskosten bedeutet, dass sich die Anzahl der Pkw-Wege um 0,5% reduziert, wenn sich die Betriebskosten um 1% erhöhen. In der Literatur sind zahlreiche Angaben für verschiedenste Elastizitäten zu finden (Tabelle 3).

Tabelle 3: Beispiele für verschiedene Elastizitäten

Komponente	Treibstoffpreis	Einkommen	Besteuerung (mit Ausnahme der Treibstoffsteuer)	Bevölkerungsdichte
Fahrzeugbestand	-0,20 bis 0 (-0,1)	0,75 bis 1,25 (1,0)	-0,08 bis -0,04 (-0,06)	-0,7 bis -0,2 (-0,4)

Durchschnittlicher Treibstoffverbrauch	-0,45 bis -0,35 (-0,4)	-0,6 bis 0 (0,0)	-0,12 bis -0,10 (-0,11)	-0,3 bis -0,1 (-0,2)
Fahrleistung je Pkw und Jahr	-0,35 bis -0,05 (-0,2)	-0,1 bis 0,35 (0,2)	0,04 bis 0,12 (0,06)	-0,75 bis 0,0 (-0,4)
Treibstoffnachfrage Pkw	-1,0 bis -0,4 (-0,7)	0,05 bis 1,6 (1,2)	-0,16 bis -0,02 (-0,11)	-1,75 bis -0,3 (-1,0)
Fahrleistung Pkw	-0,55 bis -0,05 (-0,3)	0,65 bis 1,25 (1,2)	-0,04 bis 0,08 (0,0)	-1,45 bis -0,2 (-0,8)

Quelle: (Litman, 2010)

Es existieren verschiedene Methoden zur Berechnung der Elastizitäten, wobei einige genauer als andere sind. Die in der Verkehrsplanung am häufigsten verwendeten Methoden sind die sogenannte Bogenelastizität und die Mittelwertmethode, eine Variante der Bogenelastizität (Litman, 2010). Die Bogenelastizität geht davon aus, dass sich die Auswirkungen größerer Preisänderungen aus einer Vielzahl kleiner Schritte zusammensetzen. Wird z.B. eine Preiselastizität von -0,5 auf eine 10 %ige Preiserhöhung angewendet, dann setzt sich die gesamte Nachfrageänderung aus zehn 0,5 %igen Reduktionen der Nachfrage zusammen. Die erste reduziert die Nachfrage auf 99,5 %, die zweite um weitere -0,5 % auf 99,003 %, die dritte auf um weitere -0,5 % auf 98,507 %, usw. In Summe reduziert sich die Nachfrage im zehnten Schritt damit auf 95,111 %. Da jeder Schritt von einer sich verringernden Basis ausgeht ergibt sich daraus eine Exponentialfunktion. Die Änderung der Nachfrage kann mit ausreichender Genauigkeit nach Formel 1 berechnet werden.

$$\Delta Q = 1 - (1 + \eta)^{\Delta P}$$

Formel 1: Nachfrageänderung Bogenelastizität

Legende:

ΔQÄnderung der Nachfrage

ηPreiselastizität

ΔPPreisänderung

Die sehr stark vereinfachende Methode der Änderungsrate („Shrinkage Ratio“) verwendet dagegen eine lineare Funktion um den Zusammenhang zwischen Preis und Nachfrage zu berechnen (Litman, 2010). Die Änderungsrate („Shrinkage Ratio“) ist definiert als die Änderung der Nachfrage relativ zur ursprünglichen Nachfrage dividiert durch die Preisänderung relativ zum ursprünglichen Preis. Diese Methode ist aber vor allem bei großen Preisänderungen sehr ungenau. Abbildung 7 illustriert den Zusammenhang zwischen der Verwendung einer linearen Funktion und der Bogenelastizität am Beispiel einer Preiselastizität von -0,6.

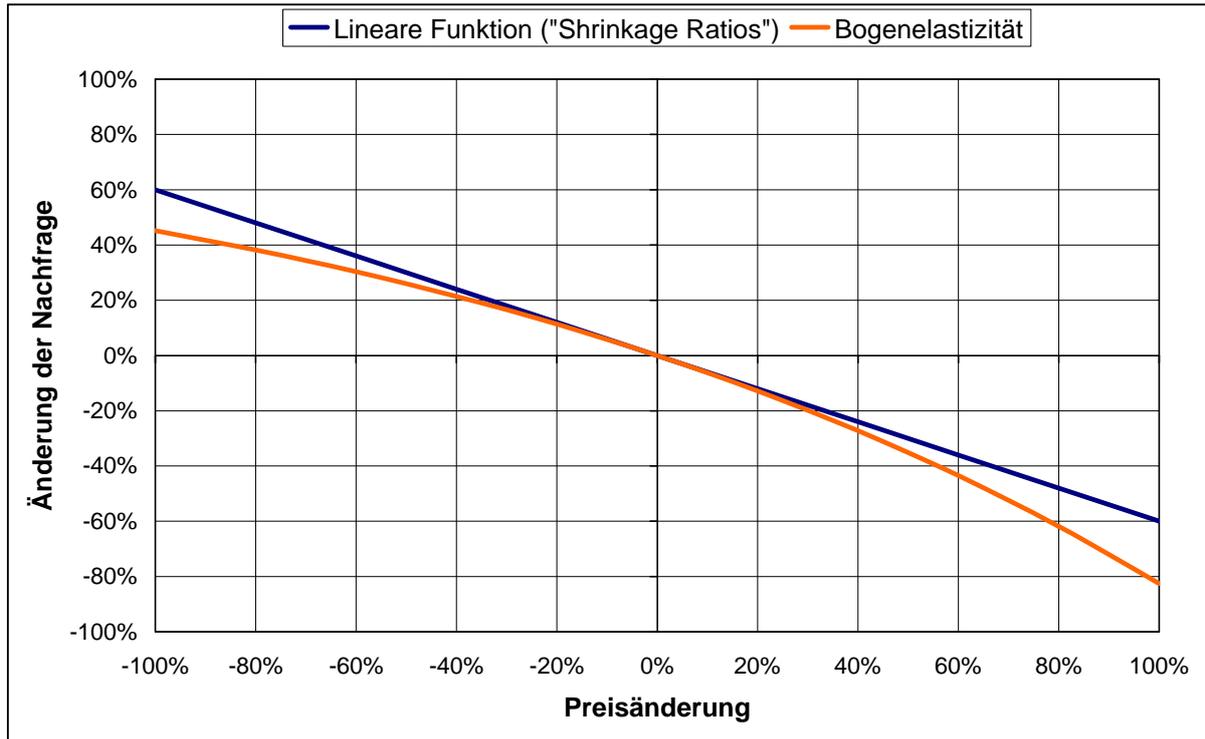


Abbildung 7: Vergleich Änderungsrate („Shrinkage Ratio“) und Bogenelastizität; Preiselastizität -0,6

4.2.2.3 Verkehrsmodelle

Mathematische Modelle werden seit mehr als einem Jahrhundert dazu verwendet, Verkehrsmengen und -ströme zu prognostizieren. Das möglicherweise erste formale, quantitative Verkehrsmodell ist das so genannte Lill'sche Reisegesetz, welches der österreichische Eisenbahningenieur Eduard Lill im Jahr 1889 formulierte (Lill, 1889). Formal stellt das Lill'sche Reisegesetz eine Analogie zum Gravitationsgesetz der Physik dar:

$$r = \frac{M}{k^2}$$

Formel 2: Lill'sches Reisegesetz

Legende:

- r Zahl der Reisenden
- M Reisewert der Quelle
- k Entfernung zwischen Quelle und Ziel

Durch Beobachtung und Auswertung der Fahrscheinverkäufe stellte Eduard Lill fest, dass die Zahl der Reisenden r proportional dem Reisewert der Quelle M (z.B. der Zahl der Einwohner eines Ortes) gebrochen durch das Quadrat der Entfernung zwischen Quelle und Ziel k ist.

Aus diesen ersten Ansätzen haben sich schrittweise die heute üblichen sequentiellen Modelle mit den folgenden vier Stufen als Stand der Technik etabliert:

- Verkehrserzeugung,
- Verkehrsverteilung,
- Verkehrsaufteilung und
- Verkehrsumlegung.

Zur Modellierung muss das Untersuchungsgebiet abgegrenzt und in Verkehrszellen unterteilt werden. Im ersten Schritt der Verkehrserzeugung wird das potentielle Quell- oder

Zielverkehrsaufkommen im Untersuchungsgebiet ermittelt. Unter dem zweiten Schritt der Verkehrsverteilung wird die Aufspaltung und Zuordnung eines Quellverkehrsaufkommens Q_i des Quellverkehrsbezirks i auf die möglichen Zielbezirke j verstanden⁶. D.h. es geht um die Wahl der möglichen Ziele bei gegebener Quelle. Es ist aber auch die umgekehrte Vorgehensweise möglich: Der Zielverkehr wird dann auf die Quellverkehrsbezirke aufgeteilt. Das Ergebnis des Verkehrsverteilungsmodells ist eine Verkehrsstrommatrix, die sogenannte Quell-Ziel-Matrix. Mit Hilfe der dritten Stufe der Verkehrsaufteilung werden die Anteile der einzelnen Verkehrsmittel am Verkehrsaufkommen der Verkehrsstrommatrix bestimmt. Die Wahl des Verkehrsmittels wird beeinflusst von Faktoren des Verkehrsteilnehmers (z.B. allgemeiner Lebensstandard, Einkommen, berufliche Stellung, soziale Bedingungen, Verkehrsmittelbesitz, -verfügbarkeit, Alter, physische und psychische Leistungsfähigkeit), Faktoren der Verkehrsmittel (lokales und zeitliches Verkehrsmittelangebot, verkehrstechnische, organisatorische und wirtschaftliche Faktoren wie Reisezeiten, Komfort, spezielle Einsatzbedingungen wie Zugfolgezeiten oder Parkmöglichkeit, Kosten die für Verkehrsteilnehmer) und Faktoren der jeweiligen Ortsveränderung im Untersuchungsgebiet (Zweck der Ortsveränderung, Personengruppe mit oder ohne Wahlfreiheit bzw. Gebundenheit bei der Verkehrsmittelwahl, Lagegunst der Verkehrsquelle und des Verkehrsziels, Verkehrswege- und Verkehrsmittelangebote einschl. des Aufwandes, d.h. Netzstruktur, Zeitaufwand, Kosten, etc.). Verkehrsverteilung und Verkehrsmittelwahl hängen sehr eng zusammen und werden deshalb häufig simultan berechnet. Die vierte Stufe der Verkehrsumlegung betrifft die Berechnung der Routenwahl. Im Normalfall wird diese Stufe nur für den motorisierten Individualverkehr durchgeführt, in seltenen Fällen auch für den öffentlichen Verkehr. Für alle vier Stufen existieren verschiedene Arten der mathematischen Modellierungen. Detaillierte Beschreibungen dieser Methoden finden sich z.B. in (Schnabel and Lohse, 1997a) oder (Köhler et al., 2001).

Ein einfaches Beispiel für ein Verkehrsmittelwahlmodell ist im Anhang S. 55 ff. zu finden.

4.3 BEWERTUNG DER VERÄNDERUNGEN

4.3.1 QUALITATIVE METHODEN

Qualitative Bewertungsmethoden werden dann angewendet, wenn es sich um eher einfache Bewertungsprobleme handelt und nicht alle Bewertungskriterien in quantifizierbarer Form vorliegen. Ihre Ergebnisse sind im Allgemeinen leicht verständlich und sie sind zeit- und kostengünstig durchzuführen. Wegen der fehlenden Formalisierung müssen sich diese Verfahren jedoch dem Vorwurf der Willkür stellen (Subjektive Festlegung der Ziele und Wertmaßstäben, subjektive Auswahl von Maßnahmen, Aggregationsverluste, etc.). Trotz dieser Schwachstelle werden qualitative Bewertungsmethoden dazu verwendet, um verkehrspolitische Entscheidungen zu begründen, wenn keine genaue Quantifizierung möglich ist (vgl. dazu (Cerwenka et al., 2007), Seite 189ff).

Wichtige Vertreter für qualitative Bewertungsverfahren sind:

4.3.1.1 Rangordnungen

Bei der Bildung von Rangordnungen wird ermittelt, welche zur Auswahl stehende Variante welches Kriterium am besten, am zweitbesten und so weiter erfüllt. Diese Methode ist der weiter unten vorgestellten Nutzwertanalyse ähnlich, verzichtet aber in Gegensatz zu dieser weitgehend auf Quantifizierung der zugrunde gelegten Kriterien

4.3.1.2 Schrittweise Rückstellung

Bei der schrittweisen Rückstellung werden die Anzahl der Alternativen und/oder Kriterien durch Eliminierung eingeschränkt. Unterschieden wird hierbei zwischen „KO“ Kriterien die erfüllt werden

⁶ Es hat sich in der Verkehrsplanung allgemein eingebürgert, die Quelle mit dem Index i und das Ziel mit dem Index j zu kennzeichnen.

müssen, „Soll“ und „wäre wünschenswert“ Kriterien. Man kann hier zwischen den Strategien „Minimierung der Nachteile“ bzw. „Maximierung der Vorteile“ unterscheiden. Der Name „Rückstellung“ stammt daher, dass einmal zurückgestellte Alternativen in einem iterativen Untersuchungsprozess wieder in die Betrachtung miteinbezogen werden können (sofern sie keine KO Kriterien verletzen).

4.3.1.3 Paarvergleich

Bei dieser Methode werden verschiedene Alternativen für bestimmte Kriterien paarweise verglichen. Beispielhaft „Welche Verkehrspolitische Maßnahme ermöglicht am meisten CO₂ Einsparung?“ Sind zum Beispiel 3 Maßnahmen zur Auswahl (Parkraumbewirtschaftung, Erhöhung der Treibstoffsteuern oder technischer Fortschritt) so werden diese Maßnahmen paarweise miteinander verglichen.

Paarvergleiche haben den Vorteil, dass durch die Reduzierung der zu beurteilenden Alternativen auf nur zwei Wahlmöglichkeiten eine Überforderung der Beurteiler vermieden werden kann. Allerdings kann die Methode auch inkonsistente und damit unbrauchbare Ergebnisse liefern (Alternative A ist besser als Alternative B, B ist besser als C aber C ist besser als A).

Die Anzahl der notwendigen Vergleiche steigt mit der Anzahl der Alternativen (A) und mit der Anzahl der Kriterien (K) schnell an, sodass diese Methode nur bei kleinen Anzahlen von Alternativen und Kriterien ($A, K < 5$) sinnvoll einsetzbar ist. Die Anzahl der Vergleiche berechnet sich nach Formel 3.

$$N = K * (A * (A - 1) / 2)$$

Formel 3: Anzahl der Vergleiche

Legende:

N Anzahl der Vergleiche

K Anzahl der Kriterien

A Anzahl der Alternativen

4.3.2 QUANTITATIVE BEWERTUNGSMETHODEN

Am effizientesten kann eine Bewertung durch die Messung, Vorhersage und Beobachtung geeigneter Indikatoren erfolgen. Um eine Bewertung durchführen zu können, muss auch der Status Quo bekannt sein. Für eine formale Bewertung kommen die folgenden Methoden in Frage:

- Wirkungsanalyse,
- Nutzwert-Analyse,
- Kosten-Nutzen-Analyse,
- Kosten-Wirksamkeits-Analyse und
- Multi-Kriterien-Analyse.

In Tabelle 4 sind die in den verschiedenen Bewertungsverfahren durchzuführenden Verfahrensschritte zusammengefasst.

Tabelle 4: Verfahrensschritte der verschiedenen Bewertungsverfahren

Verfahrensschritte	Wirkungs-analyse	Nutzwert-analyse	Kosten-Nutzen-Analyse	Kosten-Wirksamkeits-Analyse	Multi-kriterien-analyse
Zielsystem	X	X	X	X	X
Mengengerüst	X	X	X	X	X
Wirkungstabelle	X				X
Zielerträge/Zielerreichungsgrade (Normierung)		X		X	X
Gewichtung (Zielgewichte)		X		X	X
Monetarisierung			X		
Teilnutzwerte		X		X	X
Diskontierung			X	X	
Wertsynthese (Verknüpfung von Nutzen und Kosten)		X	X	X	X
Sensitivitätsanalyse	X	X	X	X	X

4.3.2.1 Wirkungsanalyse

In der Wirkungsanalyse erfolgen eine systematische Darstellung sämtlicher erfassbarer qualitativer und quantitativer Auswirkungen und deren weitgehend verbale Beurteilung, also ohne eine formalisierte Wertsynthese. Unter (formalisierter) Wertsynthese versteht man die Aggregation unterschiedlicher Wirkungsdimensionen zu einer entscheidungsrelevanten Maßzahl, dem Entscheidungskalkül. Bei der WA führt der Bearbeiter die Wertsynthese intuitiv pragmatisch durch.

Die Wirkungsanalyse dient der umfassenden Darstellung aller gemäß Zielsystem für wesentlich erachteten Wirkungen. Sie ist integraler Bestandteil (zwingende Voraussetzung) der folgenden Verfahren mit formalisierter Wertsynthese (FSV, 2010).

4.3.2.2 Nutzwertanalyse (NWA)

In der Nutzwertanalyse wird jede der unterschiedlichen Wirkungsausprägungen (mit ihren unterschiedlichen Dimensionen) durch Transformation (über eine Nutzenfunktion) auf jeweils eine vergleichbare, dimensionslose Maßzahl, den Zielerreichungsgrad gebracht (normiert). Diese Zielerreichungsgrade werden nach der relativen Bedeutung der Wirkungen gewichtet (Nutzenpunkte je Wirkung) und zum dimensionslosen Nutzwert aufaddiert. Die Maßnahmekosten werden dabei wie

jede andere Wirkungskategorie behandelt, also ebenfalls gewichtet und zum Nutzwert addiert.

Entscheidungskalkül ist eine dimensionslose Maßzahl, die als Nutzwert bezeichnet wird und eine Effektivität in Prozent ausdrückt (FSV, 2010).

4.3.2.3 Kosten-Nutzen-Analyse

Die Kosten-Nutzen-Analyse verwendet Geld als Vergleichsgröße. Änderungen im Verkehrsaufkommen, der Reisezeiten, der Unfälle und der Umweltbelastungen werden monetär bewertet. Die Kosten und Nutzen werden für jedes zukünftige Jahr relativ zur Entwicklung ohne Maßnahmen berechnet. Die so errechneten Saldi aus Kosten und Nutzen werden auf den Ausgangzeitpunkt abgezinst und über den Beurteilungszeitraum aufsummiert. Ein Plan mit einem positiven Saldo aus Kosten-Nutzen ist es wert, umgesetzt zu werden, jener mit dem höchsten Saldo ist der beste. Die Hauptkritikpunkte dieses Ansatzes sind die Annahmen über die monetäre Bewertung von Effekten wie Zeit, Lärm oder Unfälle und die Schwierigkeit, Auswirkungen auf zukünftige Generationen abzuschätzen.

4.3.2.4 Kosten-Wirksamkeits-Analyse

In der Kosten-Wirksamkeits-Analyse wird wie bei der Nutzwertanalyse, allerdings unter Weglassung der Maßnahmekosten, aus den gewichteten Zielerreichungsgraden der Nutzwert ermittelt. Dieser wird dann auf die nicht transformierten (also monetär vorliegenden) Maßnahmekosten bezogen.

Entscheidungskalkül ist eine Maßzahl mit der Dimension Nutzenpunkte pro Geldeinheit und Zeiteinheit. Bei diesem Verfahren müssen mindestens zwei Planungsfälle (mit Maßnahmen) vorliegen. Diese können aber verfahrensbedingt nicht mit dem Planungsnullfall (ohne Maßnahme) verglichen werden (FSV, 2010).

4.3.2.5 Multikriterienanalyse

Die Multikriterienanalyse versucht die Schwierigkeiten, welche bei der Kosten-Nutzen-Analyse auftreten, dadurch zu überwinden, dass der Entscheidungsträger selbst die Gewichtungen der einzelnen Indikatoren, Ziele und betroffenen Gruppen festlegen kann. Dadurch können unterschiedliche Ansichten über die relative Wichtigkeit etwa von Lärm und Unfällen berücksichtigt werden. Die einfachste Möglichkeit ist die Berechnung einer einzelnen gewichteten Kennzahl für jede Option. Der Anwender entscheidet damit auf der Basis seiner Gewichtungen, welche Option die beste ist.

Für den interessierten Leser empfiehlt sich RVS 02.01.22 - Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen (FSV, 2010), wo die Anwendungsbereiche und Beschreibungen dieser Methoden in ausführlicher Weise dargestellt sind (FSV, 2010).

5. ANSPRÜCHE DER REGIONEN AN METHODEN ZUR MOBILITÄTBEWERTUNG

Von den drei Praxispartnern des Projekts ClimateMOBIL wurden in den Workshops folgende Themen als besonders interessant bzw. relevant identifiziert.

5.1 VON DEN PRAXISPARTNERN GENANNTEN THEMEN

5.1.1 MOBITIPP PERG

- Betriebliches Mobilitätsmanagement
- „letzte Meile“
- Organisationsmodelle für zukünftige Leistungen der Mobilitätszentrale
- Angebotsverbesserungen/Angebotsverschlechterungen modellieren

5.1.2 MOBILITÄTSZENTRALE BURGENLAND

- ÖV-Anbindung Therme Frauenkirchen: Was kostet das, was bringt das?
- Begleitforschung Regionaltaxi Leithapforte

5.1.3 ENERGIEPARK BRUCK AN DER LEITHA

- Policy Statements der Stadt auf ihre Wirkung untersuchen: Was wollen sie erreichen, was sind die besten maßgeschneiderten Ansatzpunkte?
- Begleitforschung E-Bike-Verleih

5.2 ANSPRUCH DER REGIONEN VERSUS ANGEBOT DER WISSENSCHAFT

In der gängigen Planungspraxis werden formale Methoden und Werkzeuge relativ selten verwendet (te Brömmelstroet, 2010). In besonders hohem Maß trifft dies auf eher ländlich geprägte Gemeinden und Regionen zu. Für die Nichtverwendung der verfügbaren Werkzeuge werden unter anderem folgende Gründe verantwortlich gemacht. Die von der Wissenschaft zur Verfügung gestellten Werkzeuge

- sind zu komplex,
- haben einen zu engen Fokus,
- sind nicht flexibel genug,
- sind zu stark auf technologische Lösungen fokussiert und
- gehen nicht auf die zahlreichen in die Planung involvierten Akteure ein.

Die Art des in Planung verwendeten Wissens unterscheidet sich je nach den involvierten Akteuren und reicht von anekdotischem Wissen, Intuition, Expertenmeinung, Glauben, Karten, Erfahrung und Werten bis hin zu quantitativen Modellergebnissen (te Brömmelstroet, 2010). Kaum ein verfügbares Planungswerkzeug ist mit all diesen Wissenstypen kompatibel und erlaubt dessen Integration. Der Schlüsselfaktor scheint aber die fehlende Transparenz zu sein (Shepherd et al., 2009; te Brömmelstroet, 2010). Die Anforderungen, welche Planer und Entscheidungsträger an ein Planungswerkzeug stellen, lassen sich am Besten mit den folgenden drei Schlagworten zusammenfassen (te Brömmelstroet, 2010):

- Benutzerfreundlichkeit,
- Transparenz und
- Flexibilität.

Nach Meinung der Projektpartner sind die im folgenden beschriebenen, aus der Disziplin System Dynamics stammenden Methoden geeignet, die Diskrepanz zwischen den Anforderungen der Regionen und den verfügbaren wissenschaftlichen Methoden zu verringern.

6. MAßGESCHNEIDERTE WERKZEUGE FÜR DIE MOBILITÄTSBEWERTUNG IN REGIONEN

In Zuge der Bearbeitung des Projektes ClimateMOBIL werden zwei Werkzeuge für die Bewertung von Verkehrspolitischen Maßnahmen empfohlen und deren Verwendungsweise dargestellt
Es sind dies

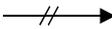
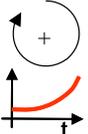
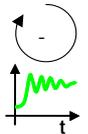
1. die Methode der Ursache-Wirkungsdiagramme zur qualitativen Analyse und
2. das speziell in diesem Projekt entwickelte Entfernungsklassenmodell zur quantitativen Abschätzung der Auswirkungen verkehrspolitischer Maßnahmen.

6.1 URSACHE-WIRKUNGSDIAGRAMME

Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile. Dieser zentrale Satz der Systemtheorie sagt aus, dass ein System qualitativ etwas anderes ist, als die Summe seiner Einzelteile. Die heute übliche Vorgehensweise in der Wissenschaft, das Zerlegen von Systemen in ihre Einzelteile und deren Untersuchung, führt in vielen Fällen zu falschen Schlussfolgerungen bezüglich der Verhaltensweise eines Gesamtsystems. Es ist daher notwendig, sowohl die Systemteile als auch gleichzeitig deren Wechselwirkungen zu betrachten, um valide Aussagen über Systeme und deren Verhaltensweisen im Zeitverlauf anstellen zu können.

Um solche Zusammenhänge kurz und prägnant abbilden zu können, wurde die "Sprache" der "Ursache- Wirkungsdiagramme" (engl. „Causal loop diagrams“) entwickelt. Sie hebt sich von der normalen menschlichen Sprache durch folgende Punkte ab: (1) sie ist leicht erlernbar, (2) auf alle Systeme anwendbar und (3) sie ist nicht sequentiell. In einem Ursache-Wirkungsdiagramm wird ein System durch seine Elemente und die zwischen diesen bestehenden Wechselbeziehungen beschrieben. Die Elemente aus denen Ursache-Wirkungsdiagramme bestehen sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Bestandteile und Symbole in Ursache-Wirkungsdiagrammen

Element	Die Elemente, mit denen das System beschrieben wird, müssen „nicht spezifizierte“ Quantitäten sein. D.h., es muss eine Aussage möglich sein, ob ein Element zu- oder abnimmt.
	Ein Pfeil stellt eine Ursache- Wirkungsbeziehung zwischen zwei Systemelementen dar.
	Ein "+" Zeichen nahe der Pfeilspitze sagt aus, dass wenn sich das Element am Pfeilanfang ändert, sich das Element an der Pfeilspitze quantitativ in die gleiche Richtung ändert. D.h., steigt der Wert des ersten Elements, dann steigt auch der Wert des zweiten Elements, bzw. sinkt der Wert des ersten Elements, dann sinkt auch der Wert des zweiten Elements.
	Ein "-" Zeichen nahe an der Pfeilspitze sagt aus, dass wenn sich das Element am Pfeilanfang ändert, sich das Element an der Pfeilspitze quantitativ in die gegengerichtete Richtung ändert. D.h., steigt der Wert des ersten Elements, dann sinkt der Wert des zweiten Elements, bzw. sinkt der Wert des ersten Elements, dann steigt der Wert des zweiten Elements.
	Der Pfeil stellt neben der Ursache-Wirkungsbeziehung auch eine zeitliche Verzögerung dar. Ist eine zeitliche Verzögerung signifikant länger als die restlichen Verzögerungen im Diagramm, dann werden diese durch zwei parallele Linien gekennzeichnet.
	Diese Symbol stellt eine eskalierende bzw. selbst verstärkende Rückkoppelung dar. Eine selbst verstärkende Rückkoppelung tritt dann auf, wenn in einem geschlossen Kreis von Wirkungsbeziehungen keine oder eine gerade Anzahl an gegengerichteten Wechselbeziehungen auftritt. Mit jedem Durchlauf des Regelkreises nimmt der Wert aller Elemente weiter zu. Quantitativ tritt hier immer exponentielles Wachstum auf, welches langfristig ein System zerstört.
	Dieses Symbol stellt eine stabilisierende Rückkoppelung dar. Eine stabilisierende Rückkoppelung tritt dann auf, wenn in einem geschlossen Kreis von Wirkungsbeziehungen eine ungerade Anzahl an gegengerichteten Wechselbeziehungen auftritt. Mit jedem Durchlauf des Regelkreises nimmt der Wert aller Elemente abwechselnd zu und ab. Stabilisierende Rückkoppelungen haben wie der Name schon sagt stabilisierende Wirkungen auf ein System und sind daher systemimmanent notwendig um stabile, nachhaltige Systeme zu erreichen (Stichwort – dynamisches Gleichgewicht).

Das folgende Beispiel aus der Literatur soll helfen die Methode zu verstehen (Abbildung 8).

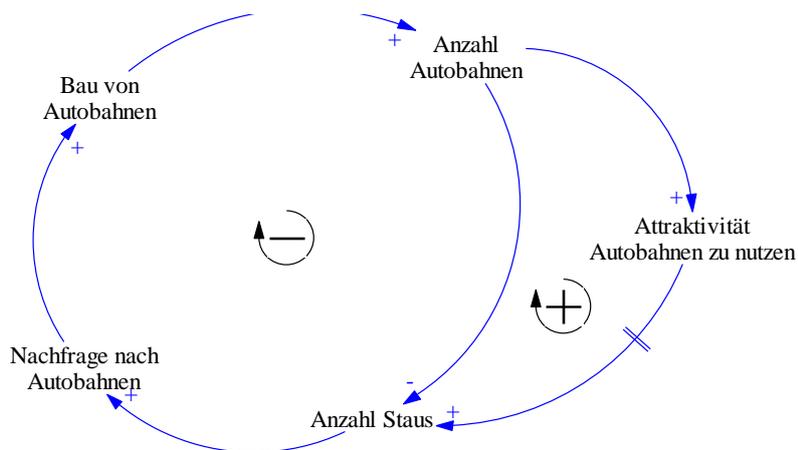


Abbildung 8: Ursache-Wirkungsdiagramm Zusammenhang Autobahnausbau und Stau (Roberts et al., 1983), Seite 48

Da Ursache-Wirkungsdiagramme nicht sequentiell sind, kann die Interpretation mit jedem beliebigen Element beginnen, z.B. „Anzahl Staus“. Steigt die „Anzahl Staus“ dann wird in der Öffentlichkeit und der Verkehrsplanung der Ruf nach einem Ausbau der Autobahnen laut, d.h. das Element „Nachfrage nach Autobahnen“ steigt ebenfalls an (dargestellt durch das „+“ Zeichen an der Pfeilspitze). Je höher die „Nachfrage nach Autobahnen“ umso mehr Autobahnen werden gebaut, das Element „Bau von Autobahnen“ damit auch der Bestand „Anzahl der Autobahnen“ steigen. Je höher aber die „Anzahl der Autobahnen“ umso geringer ist der „Stau“ (Ausgedrückt durch das „-“ Zeichen bei der Pfeilspitze). Sinkt der „Stau“ dann sinkt auch die „Nachfrage nach Autobahnen“. Das „+“ sagt ja aus, dass die Richtung der Änderung bei beiden Elementen in die gleiche Richtung geht und nicht, dass etwas zunimmt. Da sich in dem geschlossenen Kreis an Wirkungsbeziehungen eine ungerade Anzahl an gegengerichteten Wechselbeziehungen befindet, ändert sich nach einmaligem Durchlauf die Richtung. Es handelt sich daher um einen stabilisierenden Kreislauf.

Warum haben wir dann aber immer mehr Stau auf Österreichs Straßen?

Der Grund liegt darin, dass der bisher betrachtete Kreis nur einen Teil des Systems darstellt, und zwar jenen, der bei oberflächlicher Betrachtung des Systems augenscheinlich ist. Dieser wird von Politikern aber auch von Experten leicht erkannt und daher zur Argumentation und Entscheidungsfindung herangezogen.

In diesem Ursache-Wirkungssystem existiert aber auch noch (mindestens) ein zweiter Kreislauf. Eine Erhöhung der „Anzahl Autobahnen“ bewirkt eine Erhöhung der „Attraktivität das Auto zu benutzen“ und diese wiederum erhöht die „Anzahl der Staus“. In dem geschlossenen Kreis „Anzahl Staus“-„Nachfrage nach Autobahnen“- „Bau von Autobahnen“- „Anzahl der Autobahnen“- „Attraktivität das Auto zu benutzen“- „Anzahl Staus“ kommt keine gegengerichtete Wechselbeziehung vor. D.h. die Änderungen gehen bei jedem Durchlauf in die gleiche Richtung und es handelt sich damit um einen eskalierenden Regelkreis. Dieser führt einerseits zu immer mehr Autobahnen und andererseits zu immer mehr Stau. Dieser Regelkreis ist für Laien aber auch Experten schwerer zu erkennen, da die Attraktivität das Auto zu benutzen zeitlich verzögert und schleichend auftritt (Stichwort - Anpassung der Siedlungsstruktur - Shoppingcenters bei Autobahnabfahrten, Gewerbegepländewidmungen auf der grünen Wiese, Wohnen im Grünen, etc.).

In der Literatur sind zehn Systemarchetypen als die am besten dokumentierten generischen Strukturen beschreiben. Das hier beschriebene System entspricht dem Archetyp „Scheiternde Korrekturen“.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass es mit Hilfe der Ursache-Wirkungsdiagramme relativ

einfach möglich ist, komplexe Sachverhalte darzustellen, mit anderen Interessensgruppen zu diskutieren, Effekte, Wirkungen und Zeitverzögerungen sichtbar zu machen und damit Entscheidungsprozesse zu unterstützen.

6.2 VERKEHRSNACHFRAGEMODELL - ENTFERNUNGSKLASSEN

6.2.1 ZIEL UND ZWECK DES ENTFERNUNGSKLASSENMODELLS

Das hier vorgestellte Entfernungsklassen-Modell wurde speziell im Projekt ClimateMOBIL entwickelt, um die Auswirkungen von regionalen verkehrspolitischen Maßnahmen(bündeln) mit relativ geringem Aufwand quantitativ abschätzen zu können.

Momentan können mit dem Modell die Effekte von über 17 verschiedenen Maßnahmen in beliebigen Kombinationen quantitativ abgeschätzt werden. Die Bandbreite der Maßnahmen reicht von Veränderungen der Haltestellendichte für den öffentlichen Verkehr (ÖV), über Taktverdichtung im ÖV oder Fahrpreisänderungen im ÖV bis hin zu Maßnahmen zur Attraktivierung des zu Fuß Gehens und Radfahrens oder zur Einführung flächendeckender Parkraumbewirtschaftung für den motorisierten Individualverkehr (MIV). Die Benutzer des Modells können aus den oben genannten Maßnahmen ein beliebiges Maßnahmenbündel zusammenstellen und die Auswirkungen hinsichtlich des Modal Split, der zurückgelegten Distanzen je Verkehrsmittel (Fahrzeugkilometer und Personenkilometer) und der CO₂-, CO-, NO_x-, HC- und PM-Emissionen anzeigen lassen.

Die Software wurde gemeinsam von der Austrian Energy Agency (Dr. Paul Pfaffenbichler) und der TU Wien, Fachbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik (a.O.Univ.Prof.Dr. Günter Emberger) entwickelt und kann kostenlos aus dem Internet (http://www.ivv.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-verkehrsplanung/Bilder/Forschung/Projekte/National/Climate_Mobil/ClimateMobil_Distanzklassen_model_V1.zip) heruntergeladen werden.

In den folgenden Abschnitten wird die Benutzung der Software schrittweise beschrieben. Die Beschreibung der mathematischen Modellgrundlagen findet sich im Anhang S. 51 ff.

6.2.2 VORAUSSETZUNGEN

Um das Verkehrsnachfragemodell basierend auf Entfernungsklassen verwenden zu können, ist es notwendig die kostenlos verfügbare Software Vensim® Model Reader zu installieren. Die Software kann von folgendem Link herunter geladen werden: <www.vensim.com/freedownload.html>. Das Modell kann mit anderen Vensim-Produkten wie z.B. Vensim DSS oder Vensim PLE nicht geöffnet werden!

6.2.3 BESCHREIBUNG DES VENSIM-MODELS

Das Verkehrsnachfragemodell besteht aus zwei Dateien:

- einer Vensim® vpm-Datei⁷ „climatemobil-verkehrsnachfrage-yyyymmdd.vpm“ und
- einer MS Excel® Datei „climatemobil-modell-verkehrsmittelwahl-daten-basisjahr.xls“.

Die beiden Dateien können in einen beliebigen Ordner kopiert werden, müssen aber im gleichen Ordner liegen.

Die Vensim® Datei enthält das eigentliche Modell, die Excel® Datei die dem Modell zugrunde liegenden Daten für das Basisjahr. Letztere wird in Kapitel 6.2.4 im Detail beschrieben.

⁷ vpm steht für Vensim Packaged Model. vpm-Dateien enthalten das Modell plus Support Files (binary files).

Das Vensim® Modell ist derzeit in die folgenden elf Ansichten („Views“) unterteilt:

1. Szenario
2. Verkehrsmodell
3. Einwohner
4. Fahrzeugflotte
5. Widerstand NM
6. Widerstand ÖV
7. Widerstand MIV
8. Private Kosten
9. Energie Emissionen
10. Ergebnisse Diagramme
11. Ergebnisse Tabellen

Die Nutzer des Modells können alle Zusammenhänge in allen Views sowohl qualitativ als auch quantitativ einsehen. Diese sind teilweise sehr komplex und möglicherweise nicht sofort intuitiv verständlich. Um das Modell für Simulationen zu nutzen, müssen nicht alle Views angesehen werden, sondern es reichen die Views „Szenario“ und „Ergebnisse Diagramme“ bzw. „Ergebnisse Tabellen“. Im Folgenden werden die einzelnen Views im Detail beschrieben.

Szenario

Die Ansicht „Szenario“ dient dazu Hintergrund- und Maßnahmenzenarios für die Prognose der Verkehrsnachfrage zu definieren. Abbildung 9 zeigt einen Screenshot der Ansicht „Szenario“. Die Logos (1) sind mit den entsprechenden Internetseiten verlinkt. Ein Klick auf das ClimateMOBIL-Logo führt z.B. zur ClimateMOBIL-Homepage. Der blau unterstrichene Text (2) ist mit den entsprechenden Views des Modells verlinkt. Ein Klick auf „[Bevölkerung](#)“ führt z.B. zur View „Einwohner“. Der hellblaue Button rechts unten (3) dient zum Navigieren zur nächsten View (in diesem Fall „Verkehrsmodell“). Die Schieberegler (4) dienen dazu, Merkmalsausprägungen von Hintergrundvariablen (Grün umrandeter Bereich, z.B. jährliche Wachstumsrate des privaten Fahrzeugbesitzes) oder Merkmalsausprägung und Startjahr von Maßnahmen (Rot umrandeter Bereich, z.B.: Änderung des Fahrpreises im ÖPNV um X Prozent ab dem Jahr Y) zu definieren. Mit Hilfe der Buttons rechts unten (5) können die wichtigsten Ergebnisse entweder in Diagramm- oder Tabellenform angesehen werden.

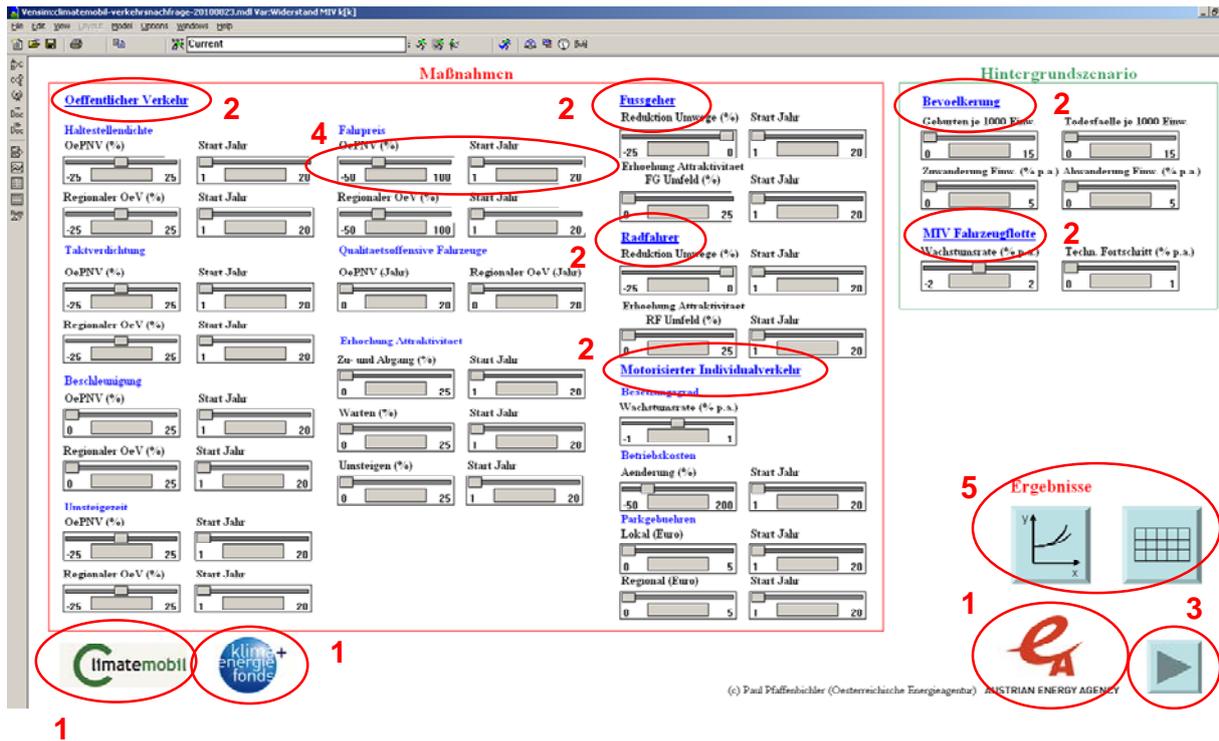


Abbildung 9: Screenshot View „Szenario“

Die direkte Navigation zwischen den Views ist auch mit Hilfe des Buttons in der linken unteren Ecke möglich ((6) in Abbildung 10). In diesem Button ist jeweils auch der Name der aktuellen View ersichtlich.

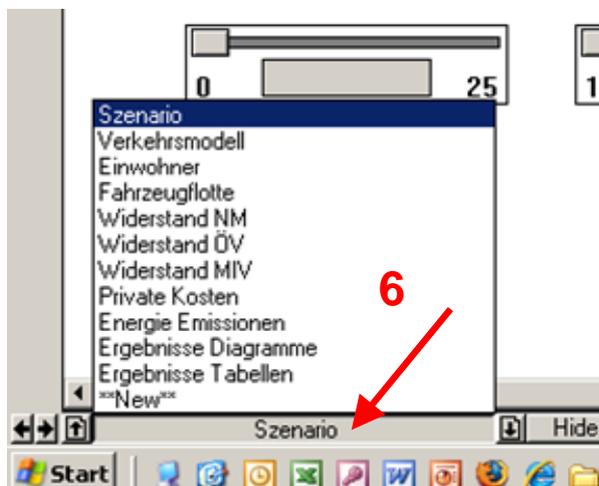


Abbildung 10: Direkte Navigation Views

Um ein Maßnahmenzenario definieren zu können, muss das Symbol „Set up a Simulation“ gedrückt werden ((7) in Abbildung 11).

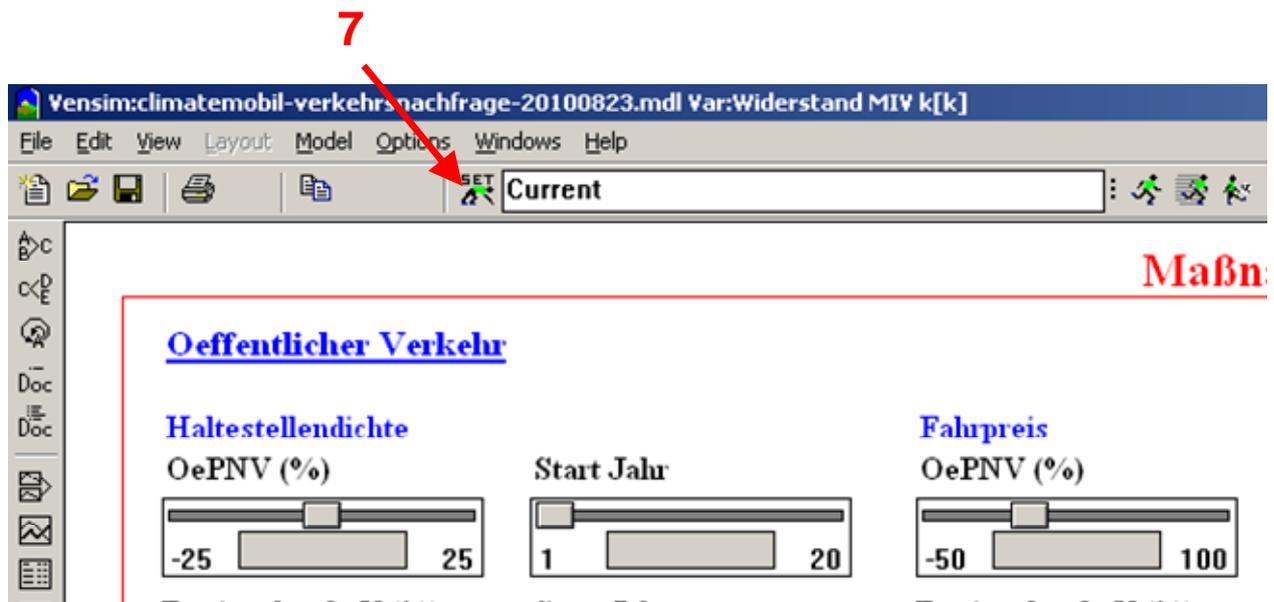


Abbildung 11: Set up einer Simulation

Danach sind die Schieberegler aktiv ((8) in Abbildung 12). Die Eingabefelder sind jetzt weiß statt grau hinterlegt und es wird der Standardwert angezeigt. Die Werte können entweder durch bewegen des Schiebereglers mit der Maus oder durch eine direkte Zahleneingabe verändert werden. Es kann ein neuer Name für das Szenario definiert werden (9). Um die Simulation des Szenarios zu starten, muss das Symbol „Run a Simulation“ (10) gedrückt werden. Nach der Simulation sind die Schieberegler wieder inaktiv, d.h. grau hinterlegt.

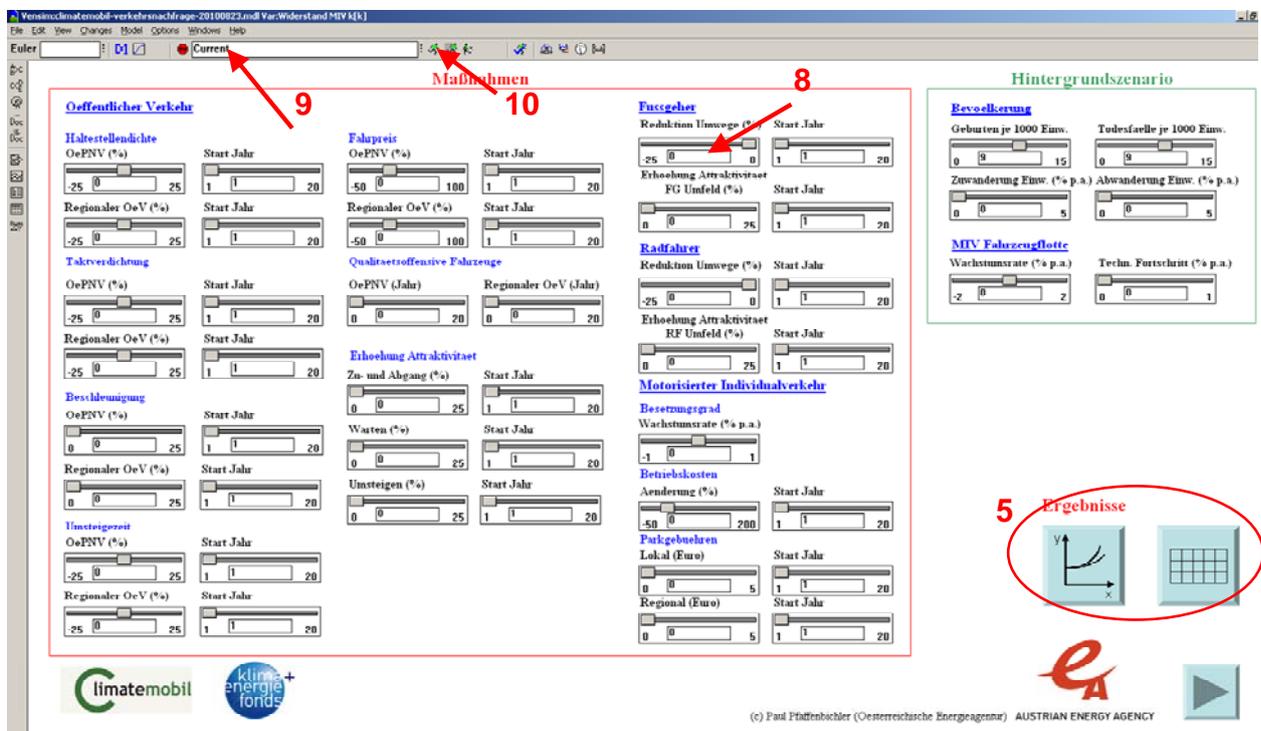


Abbildung 12: Definition der Maßnahmenkombination

Derzeit zwei Ergebnisansichten programmiert. Diese können direkt per Button (5) erreicht werden.

Es sind der Modal Split nach Wegen, die Fahrleistung des MIV, sowie CO₂-, CO-, NO_x-, HC- und PM-Emissionen dargestellt.

Verkehrsmodell

Abbildung 13 zeigt einen Screenshot der View „Verkehrsmodell“. Die eingebetteten Diagramme zeigen einen Vergleich der Entwicklung der Pkw-Fahrzeugkilometer und der Verkehrsmittelanteile für ein Maßnahmenzenario „Current“ und einen Nullplanfall „DoMin“. Mit Hilfe des Buttons (11) kann zur vorhergehenden View zurücknavigiert werden. Mit dem Button (12) kann zur View „Szenario“ zurückgekehrt werden.

Mit Hilfe der senkrechten Symbolleiste am linken Rand (13) kann die qualitative Modellstruktur untersucht und Ergebnisse dargestellt werden. Es kann dafür jede beliebige Variable ausgewählt werden (14). Die angewählte Variable ist dann schwarz hinterlegt.

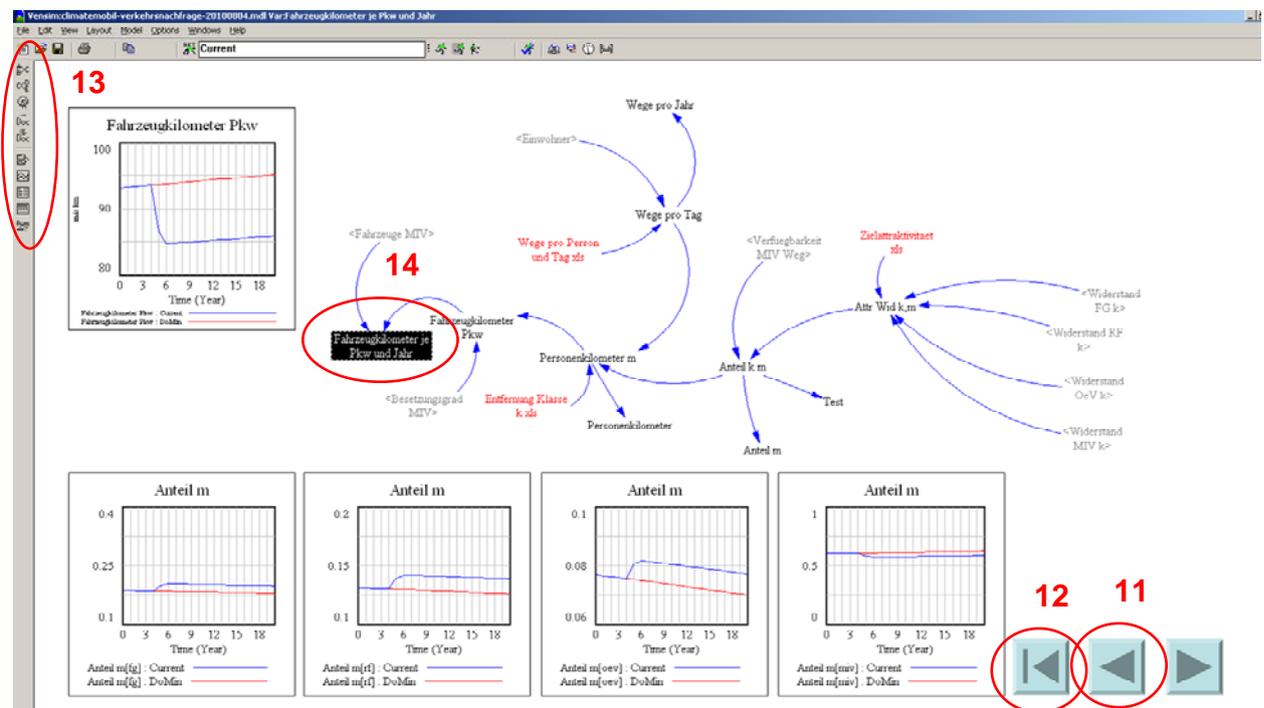


Abbildung 13: Screenshot View „Verkehrsmodell“

Mit Hilfe des Werkzeuges „Ursachenbaum“ oder „Causes Tree“ (15) können die Variablen, welche durch die ausgewählte Variable beeinflusst werden, zwei Ebenen zurück verfolgt werden (Abbildung 14).

15

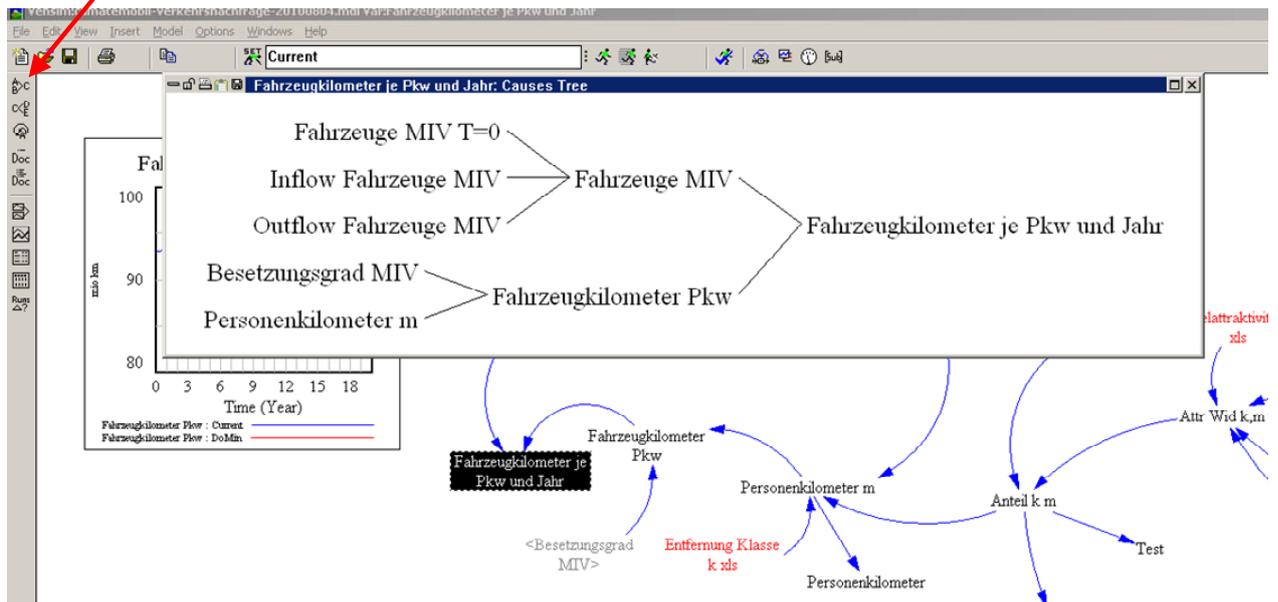


Abbildung 14: Werkzeug Ursachenbaum (Causes Tree)

Mit Hilfe des Werkzeuges „Wirkungsbaum“ oder „Uses Tree“ (16) können die Variablen, welche die ausgewählte Variable beeinflussen, zwei Ebenen nach vor identifiziert werden (Abbildung 15).

16

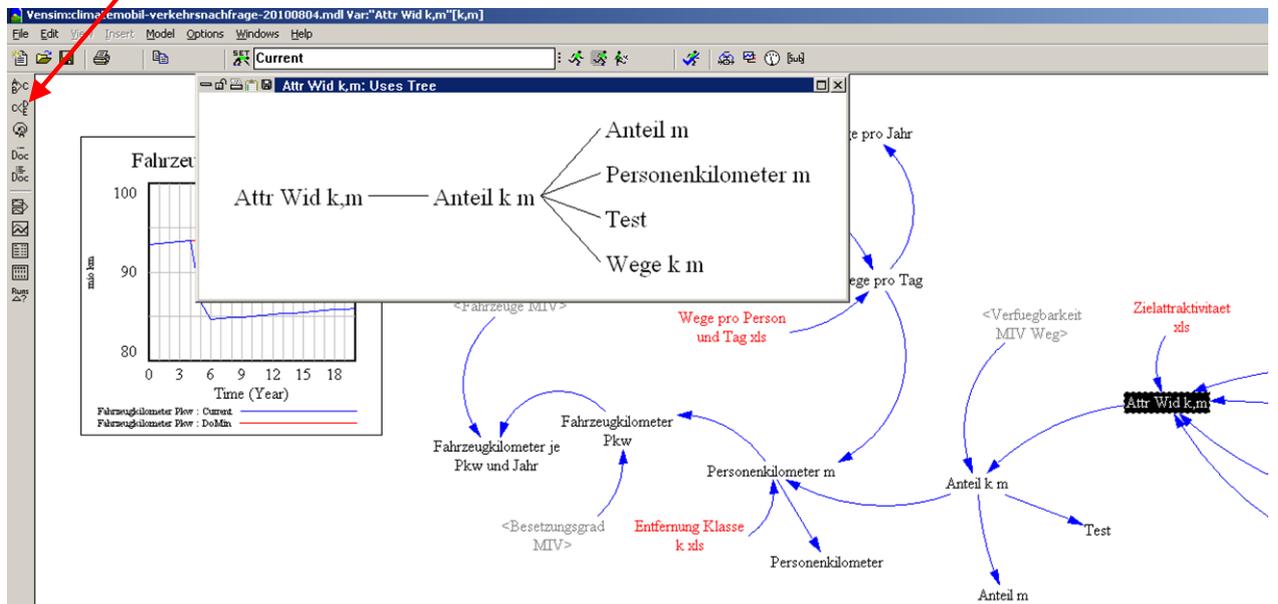


Abbildung 15: Werkzeug Wirkungsbaum (Uses Tree)

Mit Hilfe der Werkzeuge „Document“ (17) und „Document All“ können die Gleichungen für eine bestimmte Variable bzw. alle Variablen dargestellt werden (Abbildung 16)

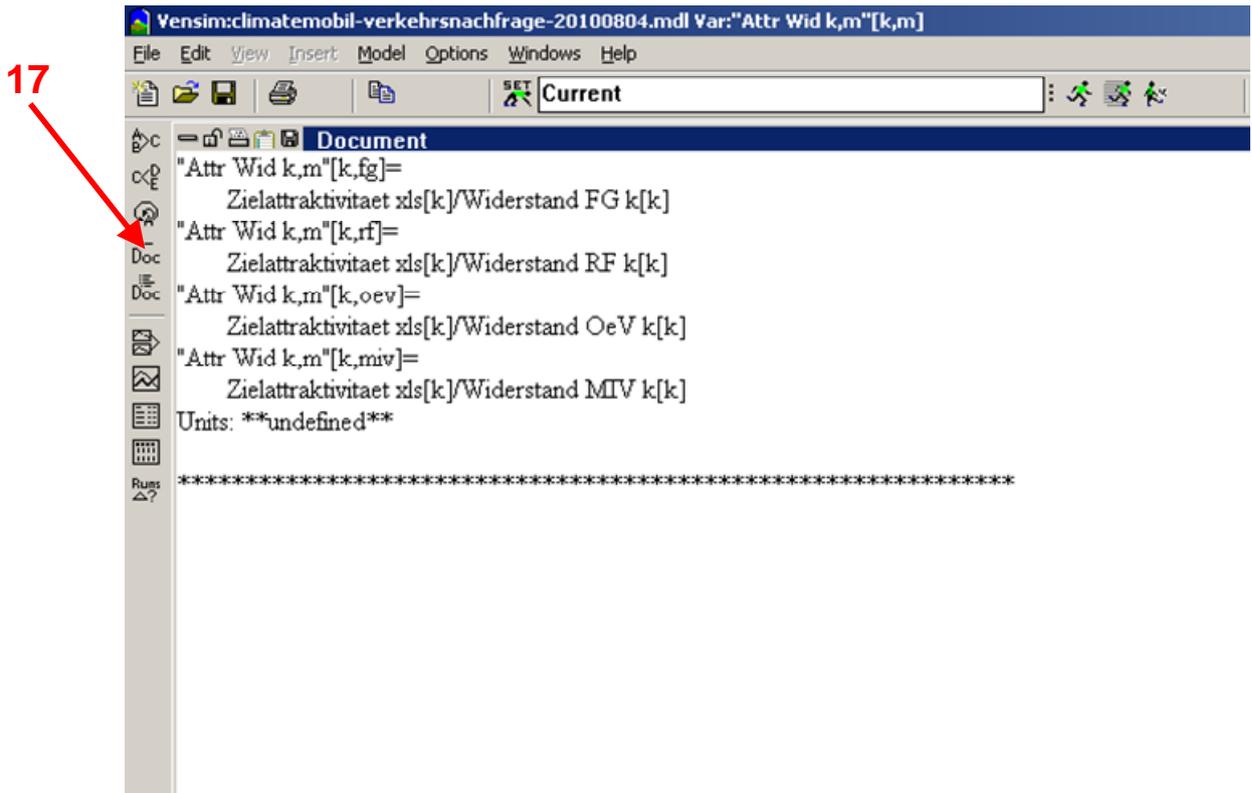


Abbildung 16: Werkzeug Document

Mit Hilfe des Werkzeugs „Graph“ (18) kann jede Variable als Diagramm dargestellt werden (Abbildung 17).

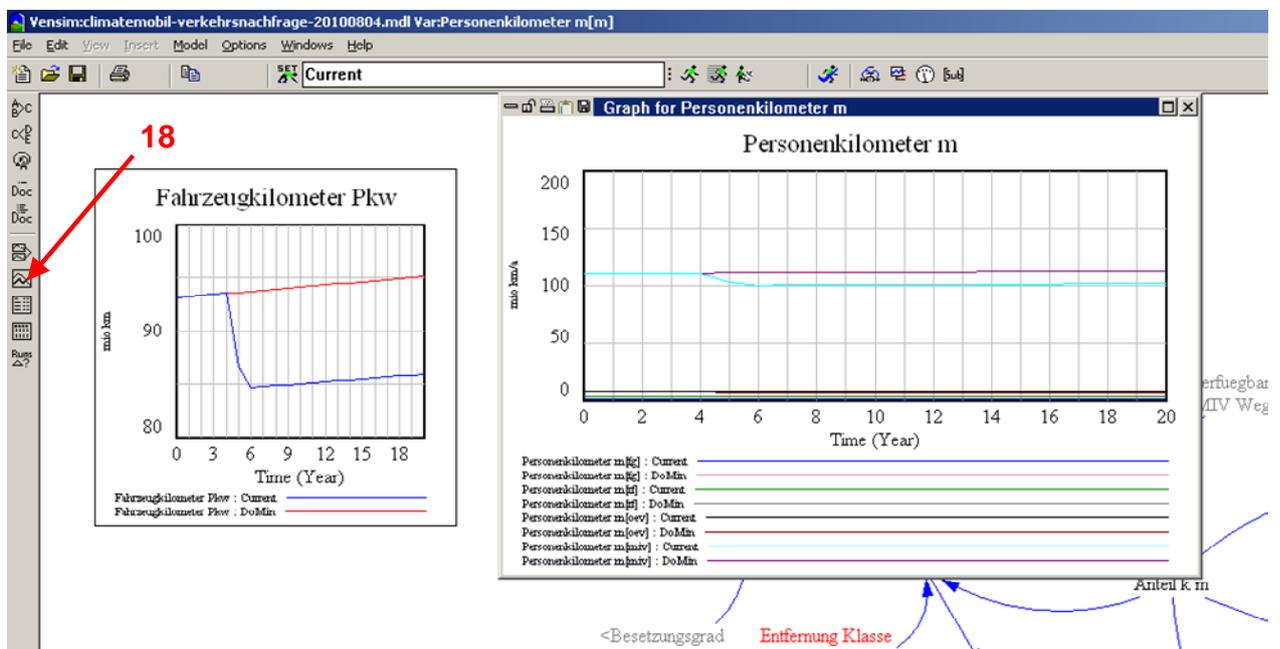


Abbildung 17: Werkzeug Graph

Mit Hilfe des Werkzeugs „Table“ (19) kann jede Variable in Tabellenform dargestellt werden (Abbildung 18). Der Inhalt aller hier beschriebener Ergebnisfenster kann ausgedruckt, in die

Zwischenablage kopiert oder gespeichert werden (20).

Time (Year)	0	1	2	3	4	5	6	7
"Personenkilometer m[m]"	Current	DoMin						
[fg]	1.60558	1.60176	1.59793	1.5941	1.59025	1.70135	1.73336	1.72973
[DoMin]	1.60558	1.60174	1.59792	1.59408	1.59023	1.58637	1.5825	1.57862
[rf]	3.68955	3.68077	3.67198	3.66316	3.65432	3.90963	3.98319	3.97485
[DoMin]	3.68955	3.68073	3.67194	3.66313	3.65429	3.64542	3.63652	3.6276
[oev]	7.38763	7.36355	7.33952	7.3155	7.29148	7.79416	7.93396	7.91056
[DoMin]	7.38763	7.36348	7.33945	7.31543	7.29142	7.26742	7.24344	7.21947
[uv]	109.843	109.961	110.079	110.197	110.314	102.165	99.9058	100.01
[DoMin]	109.843	109.963	110.08	110.198	110.315	110.433	110.551	110.669

Abbildung 18: Werkzeug Table

Einwohner

In der View „Einwohner“ wird die Entwicklung der Einwohnerzahl im Untersuchungsgebiet modelliert (Abbildung 19).

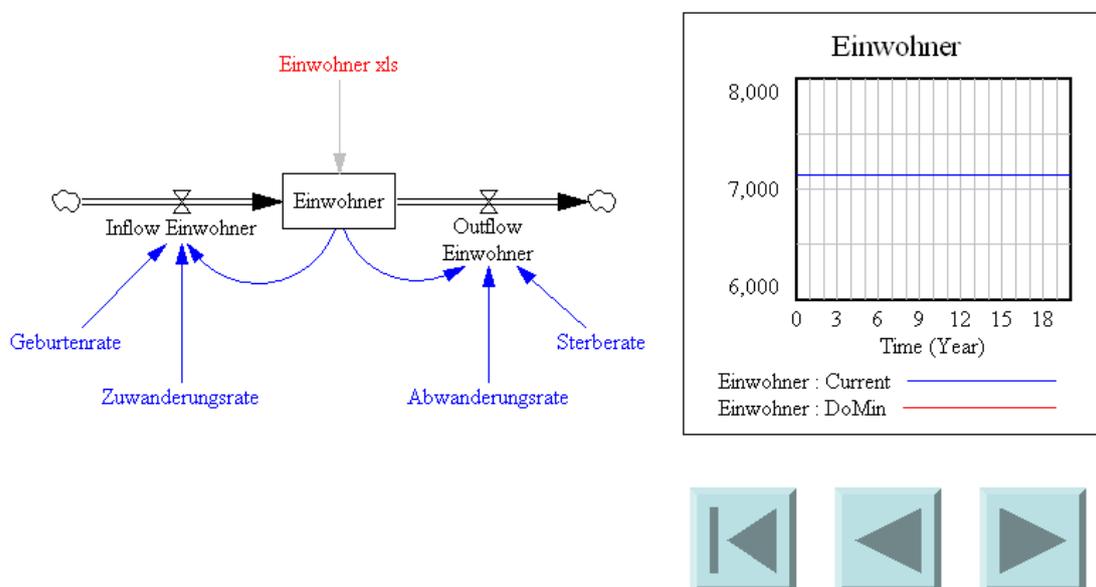


Abbildung 19: View „Einwohner“

Fahrzeugflotte

In der View „Fahrzeugflotte“ wird die Entwicklung des privaten, motorisierten Fahrzeugbestands und des Besetzungsgrads berechnet (Abbildung 20).

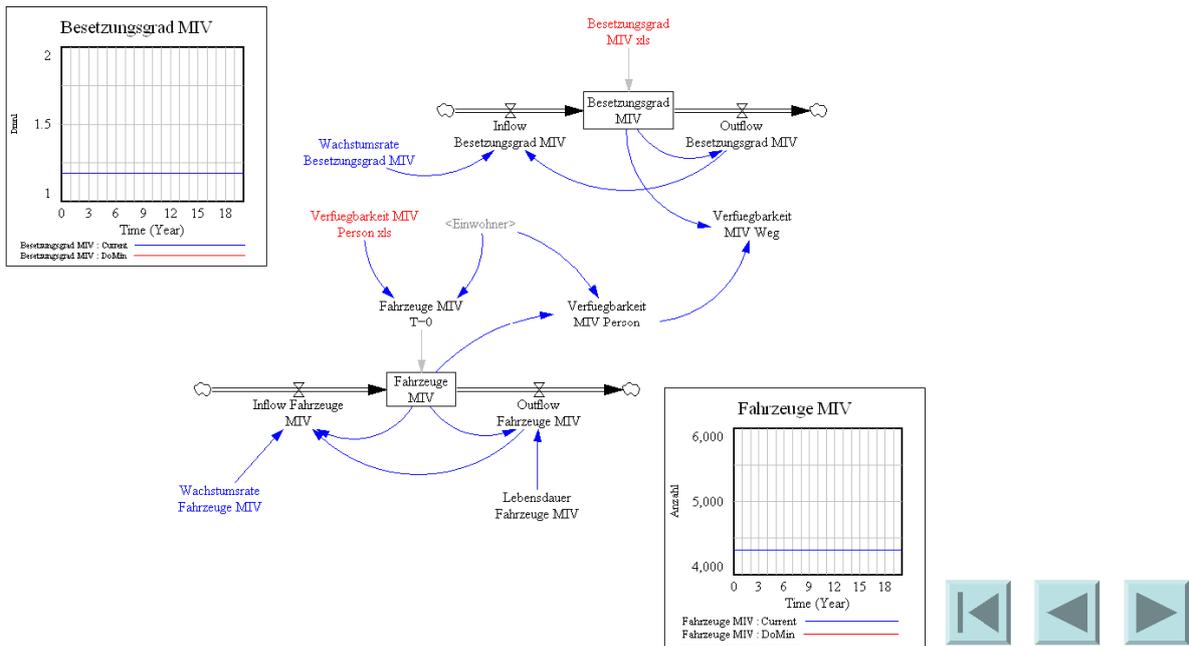


Abbildung 20: View „Fahrzeugflotte“

Widerstand NM

In der View „Widerstand NM“ werden die Widerstände der Wege für die Fußgeher und Radfahrer berechnet (Abbildung 21).

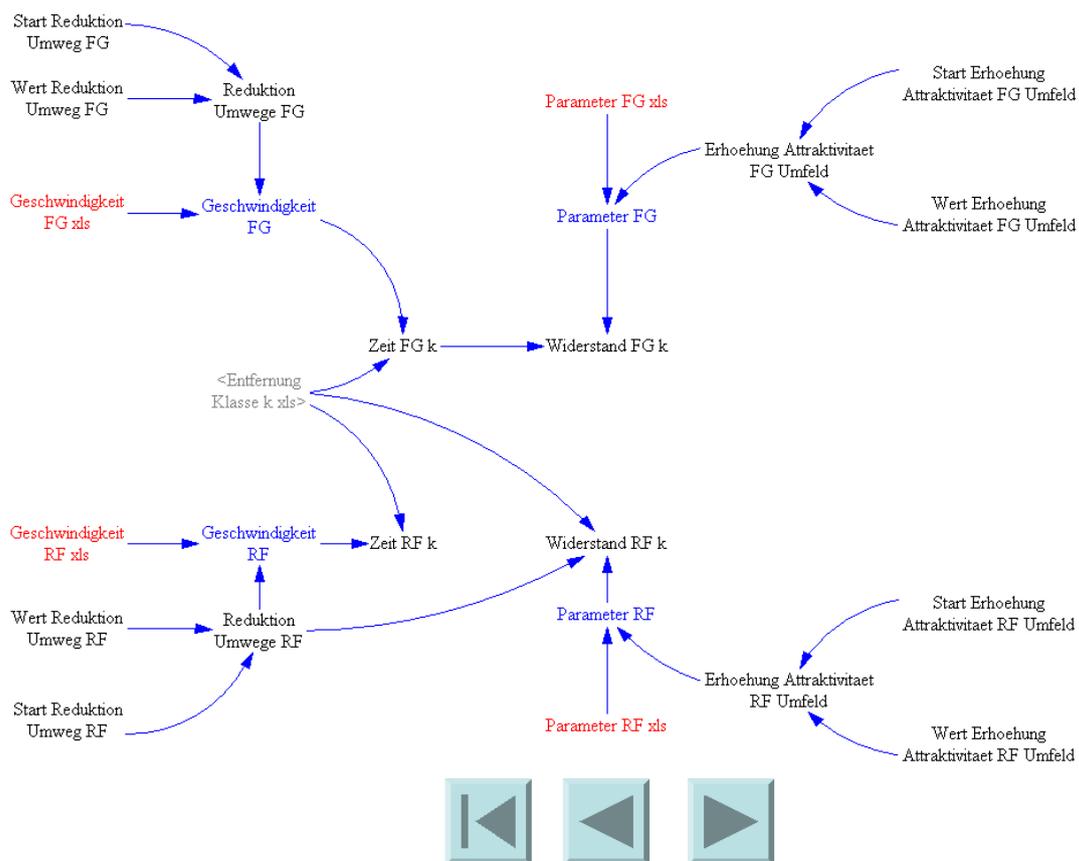


Abbildung 21: View „Widerstand NM“

Widerstand ÖV

In der View „Widerstand ÖV“ wird der Widerstand der ÖV-Wege berechnet (Abbildung 22).

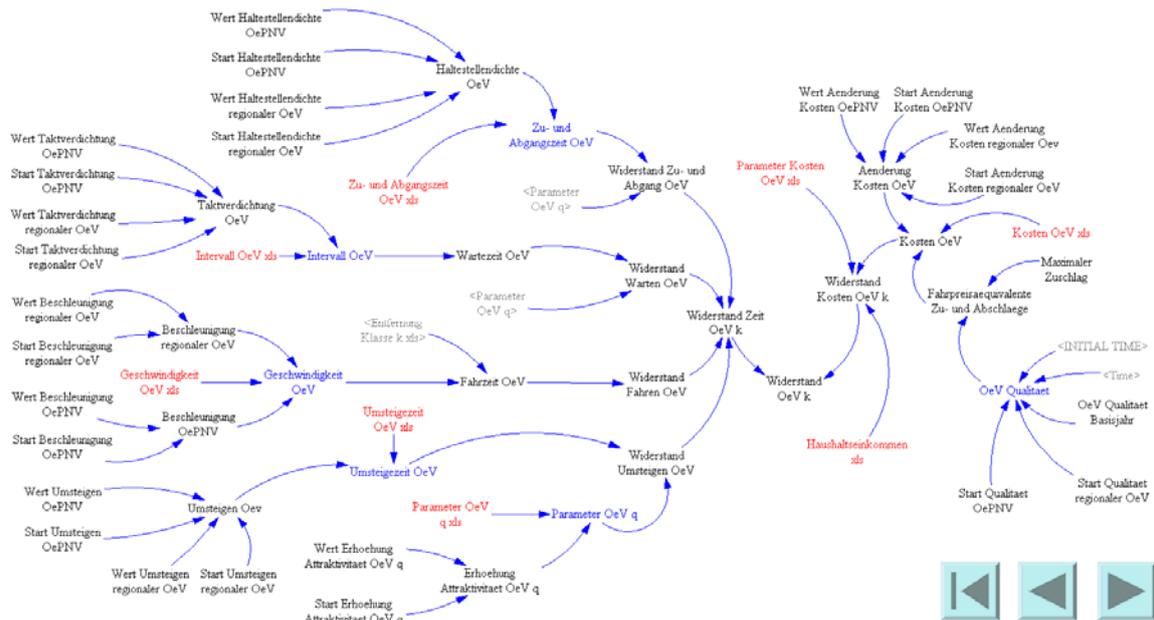


Abbildung 22: View „Widerstand ÖV“

Widerstand MIV

In der View „Widerstand MIV“ wird der Widerstand der MIV-Wege berechnet (Abbildung 23).

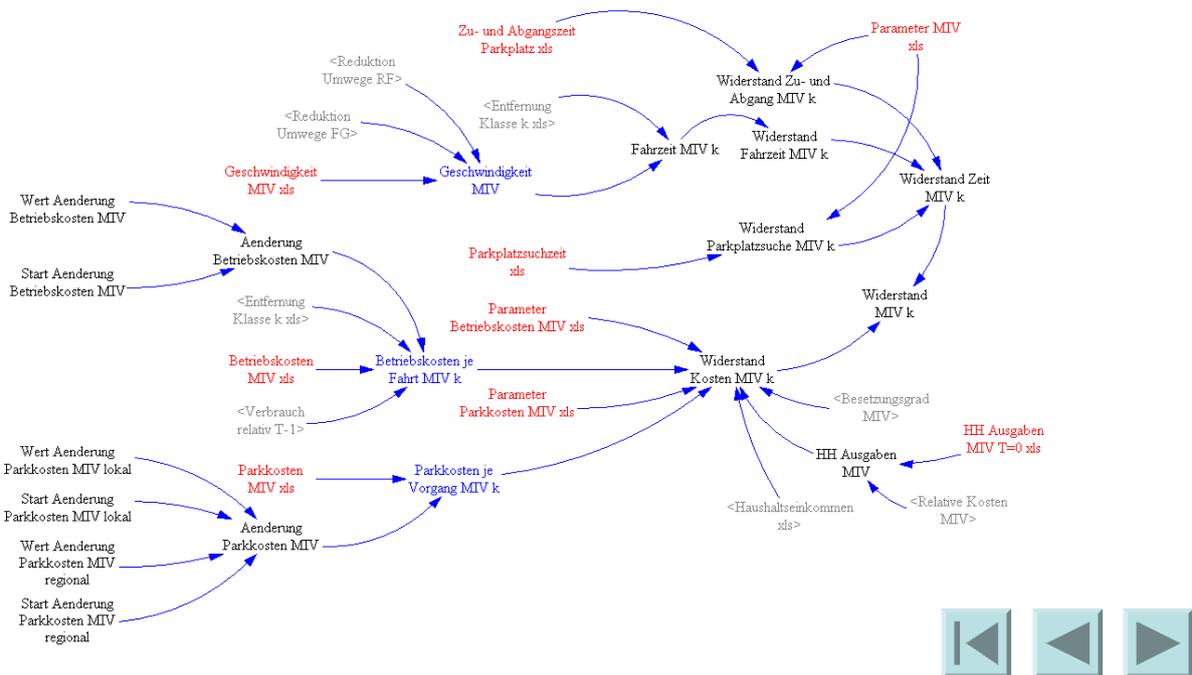


Abbildung 23: View „Widerstand MIV“

Private Kosten

In der View „Private Kosten“ wird die Entwicklung der Kosten für den privaten motorisierten Individualverkehr berechnet (Abbildung 24).

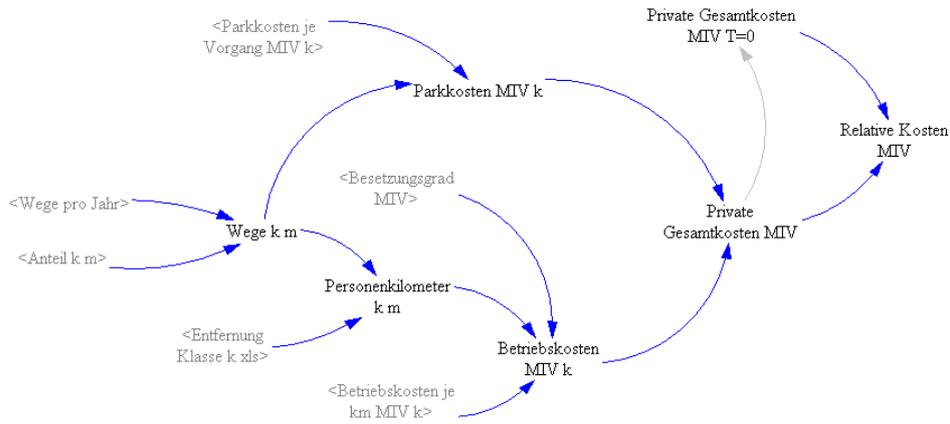


Abbildung 24: View „Private Kosten“

Energie Emission

In der View „Energie Emission“ (Abbildung 25) werden die Output-Indikatoren Verbrauch des motorisierten Individualverkehrs und CO-, HC-, NO_x-, PM- und CO₂-Emissionen berechnet. Die Auswirkungen technologischer Fortschritte werden mit Hilfe von Stock-Flow-Modellen des spezifischen Verbrauchs und der spezifischen Emissionen berechnet. Die Entwicklung des spezifischen Verbrauchs fließt in die Entwicklung der Betriebskosten in View „Widerstand MIV“ (Abbildung 23) ein.

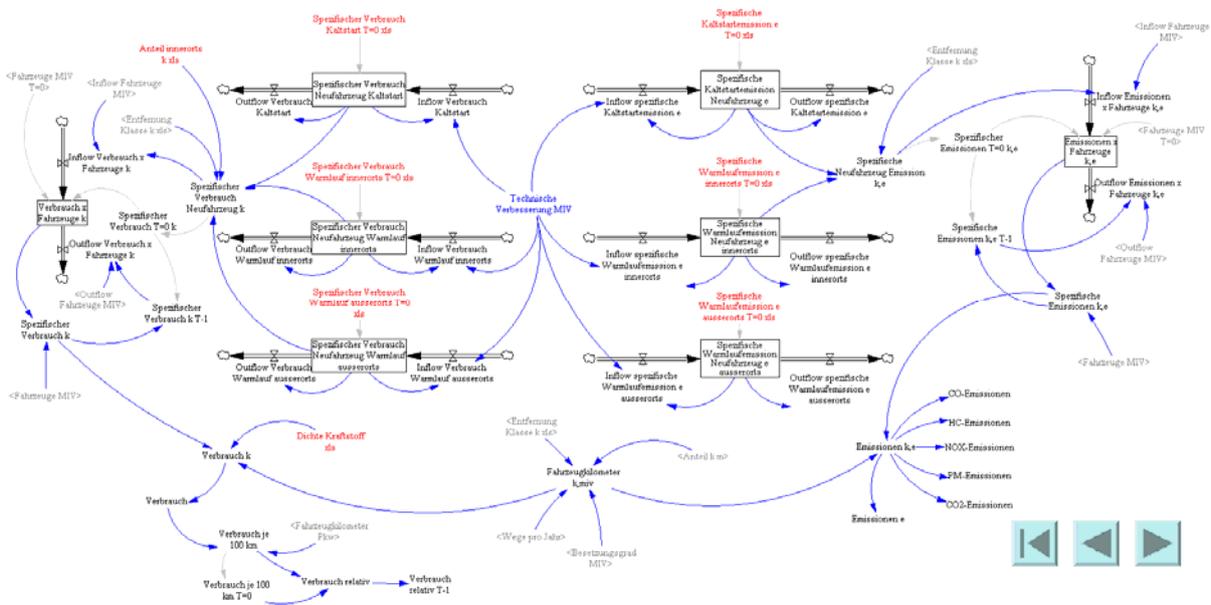


Abbildung 25: View „Energie Emission“

Ergebnis Diagramme

Mit Hilfe eines Buttons in der Ansicht „Szenario“ (Abbildung 9) kann zu einer vorbereiteten Darstellung ausgewählter Ergebnisse in Diagrammform navigiert werden (Abbildung 26). Dargestellt wird die Entwicklung des Modal Split, der Pkw-Fahrzeugkilometer und der Emissionen.

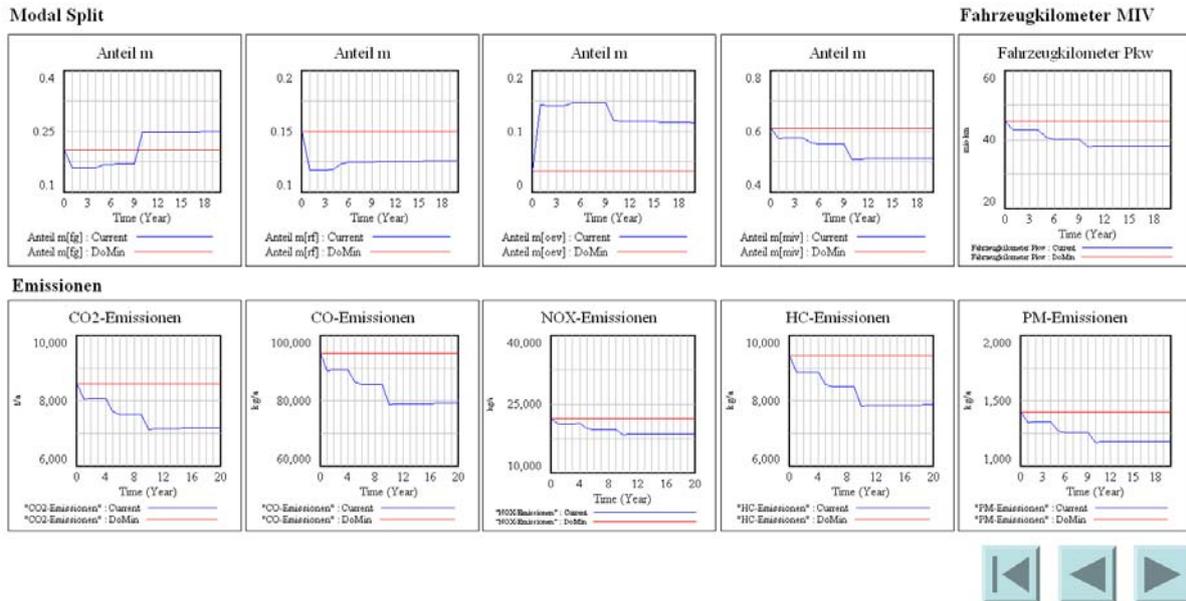


Abbildung 26: View „Ergebnis Diagramme“

Ergebnis Tabellen

Mit Hilfe eines Buttons in der Ansicht „Szenario“ (Abbildung 9) kann zu einer vorbereiteten Darstellung ausgewählter Ergebnisse in Tabellenform navigiert werden (Abbildung 26). Dargestellt wird die Entwicklung des Modal Split, der Pkw-Fahrzeugkilometer und der Emissionen.

Modal Split (%)													
Time (Year)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
*Anteil m[m] Romz:	Current	DoMin											
Anteil m													
[g]	0.2038	0.1606	0.1606	0.1607	0.1609	0.1672	0.1687	0.1688	0.1689	0.1691	0.2485	0.2482	0.24
[DoMin]	0.2038	0.2038	0.2038	0.2038	0.2039	0.2039	0.2039	0.2039	0.2039	0.2039	0.2039	0.2039	0.20
[rf]	0.1501	0.1183	0.1183	0.1184	0.1185	0.1232	0.1242	0.1243	0.1244	0.1245	0.1253	0.1251	0.12
[DoMin]	0.1501	0.1501	0.1501	0.1501	0.1501	0.1502	0.1502	0.1502	0.1502	0.1502	0.1502	0.1502	0.15
[oew]	0.0352	0.1429	0.1424	0.1421	0.1417	0.1469	0.1477	0.1473	0.1469	0.1466	0.1176	0.1171	0.11
[DoMin]	0.0352	0.0352	0.0352	0.0352	0.0351	0.0351	0.0351	0.0351	0.0351	0.0350	0.0350	0.0350	0.03
[mar]	0.6106	0.5780	0.5785	0.5786	0.5787	0.5626	0.5593	0.5594	0.5595	0.5597	0.5083	0.5094	0.50
[DoMin]	0.6106	0.6106	0.6107	0.6107	0.6107	0.6107	0.6107	0.6107	0.6107	0.6107	0.6107	0.6107	0.61

Fahrzeugkilometer MIV (mio. km/a)													
Time (Year)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fahrzeugkilometer Pkw Romz:	Current	DoMin											
Fahrzeugkilometer Pkw	45.17	42.76	42.81	42.82	42.83	40.60	40.15	40.16	40.17	40.18	37.85	37.99	37.5
[DoMin]	45.17	45.17	45.17	45.17	45.17	45.17	45.17	45.17	45.17	45.17	45.17	45.17	45.17

Emissionen (t/a)													
Time (Year)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Emissionen e[e] Romz:	Current	DoMin											
Emissionen e													
[co]	94.32	89.29	89.38	89.40	89.42	85.63	84.86	84.88	84.90	84.92	78.83	79.07	79.4
[DoMin]	94.32	94.32	94.32	94.33	94.33	94.33	94.33	94.33	94.33	94.33	94.33	94.33	94.1
[bc]	9.369	8.869	8.879	8.880	8.882	8.493	8.415	8.417	8.419	8.420	7.834	7.838	7.81
[DoMin]	9.369	9.369	9.369	9.369	9.369	9.369	9.370	9.370	9.370	9.370	9.370	9.370	9.37
[nox]	21.92	20.75	20.77	20.78	20.78	19.73	19.52	19.52	19.52	19.53	18.36	18.43	18.4
[DoMin]	21.92	21.92	21.92	21.92	21.92	21.92	21.92	21.92	21.92	21.92	21.92	21.92	21.9
[pm]	1.411	1.336	1.337	1.338	1.338	1.271	1.238	1.238	1.238	1.239	1.182	1.186	1.18
[DoMin]	1.411	1.411	1.411	1.411	1.411	1.411	1.411	1.411	1.411	1.411	1.411	1.411	1.41
[co2]	8.510	8.056	8.066	8.068	8.069	7.658	7.575	7.577	7.579	7.580	7.130	7.155	7.11
[DoMin]	8.510	8.510	8.510	8.510	8.511	8.511	8.511	8.511	8.511	8.511	8.511	8.511	8.51

Abbildung 27: View „Ergebnis Tabellen“

6.2.4 BESCHREIBUNG DER DATENEINGABE

User Interface

Das User Interface zur Dateneingabe befindet sich im Tabellenblatt „Steuerung“ der Datei „climatemobil-modell-verkehrsmittelwahl-daten-basisjahr.xls“ (Abbildung 28). Mit Hilfe der Buttons im User Interface können die verschiedenen Tabellenblätter für die Dateneingabe geöffnet, vorbereitete Datenvorlagen eingesehen und das Modell kalibriert werden. Mit Hilfe des Buttons „Zurück“ ist jeweils die Rückkehr zum Tabellenblatt „Steuerung“ möglich. Generell sind die Tabellenblätter mit Ausnahme der Grün markierten Felder für die Eingabe der Basisdaten und der Rosa markierten Felder für die Schätzung der Kalibrierungsparameter schreibgeschützt. Im User Interface kann der Benutzer des Modells einen Namen für die Fallstudie und das Basisjahr eingeben. Im Rahmen des Projekts ClimateMOBIL wurden Daten für alle Mühlviertler Gemeinden vorbereitet. Diese können mit Hilfe des Buttons „Auswahl vorbereitete Daten“ aus einer Drop down Liste ausgewählt und geladen werden (Abbildung 29). Mit den Buttons im Bereich „Datenvorlagen ansehen“ können die vorbereiteten Daten angezeigt werden. Mit Hilfe der Buttons im Bereich „Daten bearbeiten“ können die Benutzer eigene Daten eingeben bzw. die geladenen Daten modifizieren. Die Buttons im Bereich „Kalibrierung“ dienen, nomen est omen, der Kalibrierung des Modal Split im Basisjahr.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Bezeichnung Perg						
3		Basisjahr	2010			Auswahl vorbereitete Daten		
4								
5		Daten bearbeiten			Datenvorlagen ansehen			Kalibrierung
6								Modal Split
7		Einwohner, etc.			Einwohner, etc.			Basisjahr
8								
9		Entfernungs-			Entfernungs-			Parameter
10		klassen			klassen			
11								
12		Geschwin-			Geschwin-			Berechnung
13		digkeit			digkeit			
14								
15		ÖV			ÖV			
16								
17								
18		MIV			MIV			
19								
20								
21		Emissions-			Emissions-			
22		faktoren			faktoren			
23								
24		Attraktivität			Attraktivität			
25								
26								
27								

Abbildung 28: User Interface Eingabe der Daten für das Basisjahr



Abbildung 29: Drop down Liste zur Auswahl vorbereiteter Daten für Mühlviertler Gemeinden (inkl. Linz Stadt)

Sozio-demographische Basisdaten

Der Button „Einwohner, etc.“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „D_Einwohner_etc“ (Abbildung 30). Einzugeben sind Daten über die Einwohnerzahl, die Zahl der durchschnittlichen Wege pro Person und Tag, das monatliche Haushaltseinkommen, die MIV-Verfügbarkeit bezogen auf die Person und den Anteil der Haushaltsausgaben für motorisierten Individualverkehr. Neben den Daten selbst können die Benutzer auch die jeweiligen Datenquellen angeben.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Bezeichnung	Perg						
2	Einwohner	7,129	Quelle:	Volkszählung 2001				
3	Wege pro Person und Tag	2.8	Quelle:	OÖ Verkehrserhebung 2001				
4	Haushaltseinkommen (€/m)	1692	Quelle:	AK OÖ Einkommen nach Bezirk 2006				
5	MIV-Verfügbarkeit	61%	Quelle:	OÖ Verkehrserhebung 2001				
6	Anteil Haushaltsausgaben MIV	15%	Quelle:	Monatliche Verbrauchsausgaben der privaten Haushalte 2004/05				
7								
8								
9				Zurück				

Abbildung 30: Tabellenblatt „D_Einwohner_etc“ zur Eingabe sozio-demographischer Basisdaten

Der Button „Einwohner, etc.“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „ListeOrte“ mit den vorbereiteten sozio-demographischen und Mobilitätsdaten der Mühlviertler Gemeinden (Abbildung 31). In den Kommentaren in der ersten Zeile sind die jeweiligen Quellen der Daten angegeben.

1	Name	ID	Einwohner	Wege pro Pk	Haushaltseinw	MIV-Verfügbar	FG	RF	OV	MIV	Bushaltestell	Bahnhof	HS städt.	MIV	Bus oder Bahnhof	Zu
2	Linz (Stadt)	40101	183614	2,7	1853	50%	22%	5%	23%	49%	57,1%	34,7%	95,1%	57,1%	5,5	9,3
3	Freistadt	40601	7533	2,6	1417	58%	27%	10%	8%	55%	89,0%	39,3%	78,1%	89,0%	7,2	6,1
4	Grünbach	40602	1816	2,3	1417	55%	10%	5%	19%	67%	86,9%	4,3%	7,5%	85,9%	14,3	8,4
5	Cutau	40603	2650	2,5	1417	59%	21%	3%	14%	62%	83,0%	8,1%	3,9%	83,0%	14,6	6,7
6	Hagenberg im Mühlkreis	40604	2512	2,5	1417	59%	16%	5%	19%	60%	91,2%	76,7%	7,6%	91,2%	14,2	5,9
7	Hirschbach im Mühlkreis	40605	1186	2,0	1417	58%	10%	2%	19%	69%	91,3%	2,2%	6,7%	91,3%	14,3	5,9
8	Kaltenberg	40606	654	1,9	1417	58%	13%	1%	25%	61%	76,6%	0,0%	2,2%	76,6%	14,8	7,3
9	Kefernmarkt	40607	2055	2,3	1417	59%	11%	2%	22%	65%	94,9%	91,2%	5,6%	94,9%	14,4	5,5
10	Königswiesen	40608	3122	2,1	1417	55%	19%	2%	20%	59%	77,9%	0,0%	4,3%	77,9%	14,6	7,2
11	Lasberg	40609	2742	2,5	1417	60%	14%	2%	15%	68%	82,5%	47,1%	8,6%	82,5%	14,1	6,8
12	Leopoldschlag	40610	1095	2,3	1417	63%	19%	7%	18%	55%	93,8%	2,9%	5,2%	93,8%	14,5	5,6
13	Liebensau	40611	1840	1,9	1417	57%	19%	2%	18%	60%	62,5%	0,0%	6,8%	62,5%	14,3	8,8
14	Neumarkt im Mühlkreis	40612	3071	2,2	1417	56%	12%	1%	18%	69%	80,5%	15,5%	7,0%	80,5%	14,3	7,0
15	Pierbach	40613	984	2,2	1417	52%	16%	3%	20%	60%	77,6%	1,6%	5,8%	77,6%	14,4	7,2
16	Pregarten	40614	4814	2,4	1417	61%	18%	8%	14%	61%	91,5%	81,8%	7,7%	91,5%	14,2	5,9
17	Rainbach im Mühlkreis	40615	2932	2,3	1417	63%	15%	4%	15%	66%	81,0%	50,1%	10,2%	81,0%	14,0	6,9
18	Sandl	40616	1531	2,3	1417	59%	15%	2%	15%	68%	83,1%	0,0%	4,5%	83,1%	14,6	6,7
19	Sankt Leonhard bei Freistadt	40617	1476	2,2	1417	65%	20%	4%	18%	58%	82,7%	1,6%	2,6%	82,7%	14,7	6,7
20	Sankt Oswald bei Freistadt	40618	2704	2,3	1417	55%	19%	4%	17%	61%	94,0%	2,3%	5,9%	94,0%	14,4	6,6
21	Schnöau im Mühlkreis	40619	1618	2,2	1417	64%	12%	3%	19%	67%	86,3%	0,0%	9,6%	86,3%	14,0	6,2
22	Tragwein	40620	2969	2,3	1417	60%	17%	4%	13%	66%	73,3%	7,8%	5,0%	73,3%	14,5	7,7
23	Unterweißbach	40621	2299	2,1	1417	61%	20%	2%	16%	62%	68,1%	0,1%	1,1%	68,1%	14,9	8,2
24	Unterweisersdorf	40622	1704	2,3	1417	61%	9%	3%	15%	73%	96,1%	3,9%	7,9%	96,1%	14,2	5,4
25	Waldburg	40623	1357	2,1	1417	61%	13%	3%	18%	66%	93,4%	35,0%	4,1%	93,4%	14,6	5,7
26	Wartberg ob der Aist	40624	3731	2,2	1417	60%	15%	2%	19%	64%	84,0%	88,8%	6,3%	84,0%	14,4	6,1
27	Weitersfelden	40625	1134	2,3	1417	58%	16%	3%	16%	65%	78,4%	0,0%	8,7%	78,4%	14,1	7,2
28	Winthaus bei Freistadt	40626	1734	2,2	1417	65%	15%	4%	17%	64%	94,3%	1,8%	2,4%	94,3%	14,8	6,6
29	Bad Zell	40627	2715	2,2	1417	61%	18%	5%	17%	61%	82,2%	1,6%	5,1%	82,2%	14,5	6,8
30	Allerheiligen im Mühlkreis	41101	1098	2,3	1692	66%	7%	2%	16%	75%	78,9%	0,8%	4,3%	78,9%	14,6	7,1
31	Arbing	41102	1284	2,3	1692	58%	10%	6%	15%	69%	86,4%	80,5%	7,7%	86,4%	14,2	6,4
32	Baumgartenberg	41103	1398	2,3	1692	67%	13%	10%	12%	66%	94,2%	89,0%	8,8%	94,2%	14,1	5,6
33	Dimbach	41104	1102	1,6	1692	58%	15%	0%	24%	61%	79,7%	1,9%	9,4%	79,7%	14,1	7,0
34	Grein	41105	3109	2,4	1692	59%	24%	7%	9%	60%	93,5%	90,5%	14,1%	93,5%	13,6	5,7
35	Katsdorf	41106	2732	2,4	1692	67%	17%	1%	16%	66%	86,6%	86,6%	9,7%	86,6%	14,0	6,3
36	Kläms	41107	789	2,1	1692	66%	17%	3%	13%	67%	76,5%	42,5%	9,1%	76,5%	14,1	7,4
37	Bad Kreuzen	41108	2331	2,1	1692	69%	16%	1%	22%	61%	86,2%	8,7%	6,6%	86,2%	14,3	8,4
38	Langenstein	41109	2645	2,3	1692	58%	10%	4%	16%	69%	95,3%	46,5%	10,8%	95,3%	13,9	5,5
39	Luttenberg an der Donau	41110	3664	2,5	1692	67%	9%	4%	14%	72%	82,5%	78,3%	7,8%	82,5%	14,2	6,8
40	Mauthausen	41111	4843	2,5	1692	60%	14%	6%	11%	69%	92,6%	66,3%	14,5%	92,6%	13,6	5,7
41	Mitterkirchen im Machland	41112	1793	2,1	1692	65%	7%	4%	15%	74%	80,0%	23,4%	5,3%	80,0%	14,5	7,0
42	Münzbach	41113	1699	2,1	1692	63%	12%	3%	15%	70%	79,1%	3,6%	10,1%	79,1%	14,0	7,1

Abbildung 31: Tabellenblatt „ListeOrte“ mit den vorbereiteten sozio-demographischen und Mobilitätsdaten der Mühlviertler Gemeinden (inkl. Linz Stadt)

Entfernungsklassen

Der Button „Entfernungsklassen“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „D_Entfernungsklassen“ (Abbildung 32). In diesem können bis zu sieben Entfernungsklassen definiert werden. Weiters kann der Anteil der Wege in den Entfernungsklassen für jedes der vier Verkehrsmittel definiert werden. Außerdem kann für jede Entfernungsklasse der Anteil der Wege, welche innerorts zurückgelegt werden, definiert werden.

1	Klasse	Länge (km)		Anteil (%)				Anteil innerorts	Quelle:
2		von	bis	FG	RF	OV	MIV		
3	< 1 km	0	1	76%	45%	5%	11%	100%	aus verschiedenen Quellen hochgerechnet
4	1 - 2.5 km	1	2,5	15%	29%	12%	16%	100%	
5	2.5 - 5 km	2,5	5	6%	18%	20%	22%	90%	
6	5 - 10 km	5	10	2%	5%	21%	22%	85%	
7	10 - 20 km	10	20	0%	2%	18%	16%	75%	
8	20 - 50 km	20	50		1%	17%	9%	35%	
9	> 50 km	50	100			8%	4%	10%	
10									
11				100%	100%	100%	100%		
12									
13	Durchschnittliche Weglänge (km)			1.06	2.34	17.01	11.32		Zurück
14									
15									

Abbildung 32: Tabellenblatt „D_Entfernungsklassen“ zur Definition der Entfernungsklassen

Der Button „Entfernungsklassen“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „VorlageEntfernungsklassen“ (Abbildung 33). Hier werden einerseits die Anteile der Entfernungsklassen, welche aus verschiedenen Quellen für einen gesamtösterreichischen Durchschnitt hochgerechnet wurden, und andererseits die Anteile der Entfernungsklassen für die Stadt Salzburg als Vorlagen verfügbar gemacht.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Österreich aus verschiedenen Quellen hochgerechnet								
2	Klasse	Länge (km)		Anteil (%)				Anteil innerorts	Zurück
3		von	bis	FG	RF	ÖV	MIV		
4	< 1 km	0	1	76%	45%	5%	11%	100%	
5	1 - 2.5 km	1	2.5	15%	29%	12%	16%	100%	
6	2.5 - 5 km	2.5	5	6%	18%	20%	22%	90%	
7	5 - 10 km	5	10	2%	5%	21%	22%	85%	
8	10 - 20 km	10	20	0%	2%	18%	16%	75%	
9	20 - 50 km	20	50		1%	17%	9%	35%	
10	> 50 km	50	100			8%	4%	10%	
11									
12	Stadt Salzburg Studie Mobilität in Salzburg, 2004								
13	Klasse	Länge (km)		Anteil (%)					
14		von	bis	FG	RF	ÖV	MIV		
15	< 1 km	0	1	71%	26%	6%	6%		
16	1 - 2.5 km	1	2.5	19%	27%	20%	17%		
17	2.5 - 5 km	2.5	5	7%	37%	46%	33%		
18	5 - 10 km	5	10	3%	9%	20%	26%		
19	10 - 20 km	10	20	0%	1%	4%	11%		
20	20 - 50 km	20	50	0%	1%	1%	3%		
21	> 50 km	50	100	0%	0%	3%	4%		

Abbildung 33: Tabellenblatt „VorlageEntfernungsklassen“

Geschwindigkeit

Der Button „Geschwindigkeit“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „D_Geschwindigkeit“, in welchem die Annahmen zu den Durchschnittsgeschwindigkeiten der einzelnen Verkehrsmittel einzugeben sind (Abbildung 34).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		FG	RF	ÖV	MIV			
2	Geschwindigkeit (km/h)	4.4	10.0	34.1	42.5		Quelle: Eigene Annahmen	
3								
4						Zurück		
5								

Abbildung 34: Tabellenblatt „D_Geschwindigkeit“ zur Definition der Durchschnittsgeschwindigkeit nach Verkehrsmittel

Der Button „Geschwindigkeit“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „VorlageGeschwindigkeit“ (Abbildung 35).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		FG	RF	ÖV	MIV			
2	Geschwindigkeit (km/h)	4.4	10.0	34.1	42.5		Quelle: Eigene Annahmen	
3								
4						Zurück		
5								
6								

Abbildung 35: Tabellenblatt „VorlageGeschwindigkeit“

Angebot und Kosten öffentlicher Verkehr

Der Button „ÖV“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „D_ OeV“ (Abbildung 36). Hier können die Benutzer das Angebot und die Kosten des öffentlichen Verkehrs im Basisjahr definieren. Folgende Daten sind jeweils für jede Entfernungsklasse anzugeben: die durchschnittliche Entfernung zur bzw. von der der Quelle bzw. dem Ziel nächst gelegenen Haltestelle,

durchschnittliches Intervall des öffentlichen Verkehrs, die durchschnittliche Umsteigezeit im öffentlichen Verkehr und die durchschnittlichen Kosten für eine Fahrt mit dem öffentlichen Verkehr.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Entfernungsklasse (km)	0,5	1,75	3,75	7,5	15	35	75						
2	Entfernung zur/von der Haltestelle (min)	10	8	8	9	9	9	10			Quelle: Eigene Annahme nach OÖ. VERKEHRSERHEBL			
3	Intervall (min)	30	20	20	20	30	30	30			Quelle: Eigene Annahme nach Fahrplanabfrage (www.ooe			
4	Umsteigezeit (min)	0	0	0	0	1	5	10			Quelle: Eigene Annahme nach Fahrplanabfrage (www.ooe			
5	Kosten (€)	0,85	0,85	1,25	1,25	2	2,8	10			Quelle: Eigene Annahme nach (www.ooev.at)			
6														
7														
8														
9														

Abbildung 36: Tabellenblatt „D_OeV“ zur Beschreibung des Angebots und der Kosten des öffentlichen Verkehrs

Der Button „ÖV“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „VorlageOeV“ (Abbildung 37).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Entfernungsklasse (km)	0,5	1,75	3,75	7,5	15	35	75					
2	Entfernung zur/von der Haltestelle (min)	10	8	8	9	9	9	10			Quelle: Eigene Annahme nach OÖ. VERK		
3	Intervall (min)	30	20	20	20	30	30	30			Quelle: Eigene Annahme nach Fahrplanab		
4	Umsteigezeit (min)	0	0	0	0	1	5	10			Quelle: Eigene Annahme nach Fahrplanab		
5	Kosten (€)	0,85	0,85	1,25	1,25	2	2,8	10			Quelle: Eigene Annahme nach (www.ooev		
6													
7													
8													

Abbildung 37: Tabellenblatt „VorlageOeV“

Angebot und Kosten motorisierter Individualverkehr

Der Button „MIV“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „D_MIV“ (Abbildung 38). Hier können die Benutzer das Angebot und die Kosten des motorisierten Individualverkehrs im Basisjahr definieren. Folgende Daten sind jeweils für jede Entfernungsklasse anzugeben: die durchschnittliche Entfernung zur bzw. von dem der Quelle bzw. dem Ziel nächst gelegenen freien Parkplatz, die durchschnittliche Parkplatzzuchzeit am Ziel, die durchschnittlichen Betriebskosten, die durchschnittlichen Parkgebühren und der durchschnittliche Besetzungsgrad des motorisierten Individualverkehrs.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Entfernungsklasse (km)	0,5	1,75	3,75	7,5	15	35	75		
2	Entfernung zum/vom Parkplatz (min)	1	1	0	0	0	0	0		Quelle: Eigene Annahme
3	Parkplatzzuchzeit (min)	2	1	0	0	0	0	0		Quelle: Eigene Annahme
4	Betriebskosten (€/km)	0,13	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06		Quelle: Eigene Annahme
5	Parkgebühr (€/Parkvorgang)	0	0	0	0	0	0	0		Quelle: Eigene Annahme
6	Besetzungsgrad (Pers/Fz)	1,18								Quelle: Eigene Annahme
7										
8										
9										

Abbildung 38: Tabellenblatt „D_MIV“ zur Beschreibung des Angebots und der Kosten des motorisierten Individualverkehrs

Der Button „MIV“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „VorlageMIV“ (Abbildung 39).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Entfernungsklasse (km)	0,5	1,75	3,75	7,5	15	35	75		
2	Entfernung zum/vom Parkplatz (min)	1	1	0	0	0	0	0		Quelle: Eigene Annahme
3	Parkplatzzuchzeit (min)	2	1	0	0	0	0	0		Quelle: Eigene Annahme
4	Betriebskosten (€/km)	0,13	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06		Quelle: Eigene Annahme
5	Parkgebühr (€/Parkvorgang)	0	0	0	0	0	0	0		Quelle: Eigene Annahme
6	Besetzungsgrad (Pers/Fz)	1,18								Quelle: Eigene Annahme
7										
8										
9										

Abbildung 39: Tabellenblatt „VorlageMIV“

Emissionsfaktoren

Der Button „Emissionsfaktoren“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „D_Emissionen“ (Abbildung 40). Hier können die Benutzer für die Fahrzeugflotte im Basisjahr den spezifischen Verbrauch und die Kaltstart- und Warmlaufemissionen für Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Stickoxide, Feinstaub und Kohlendioxid definieren.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Variable	Treibstoff	Wert	Einheit	Quelle				
2	Dichte	Benzin	0.7404	kg/l	Internationale Energieagentur, OECD, and Eurostat. (2005). Handbuch				
3		Diesel	0.8439	kg/l	Internationale Energieagentur, OECD, and Eurostat. (2005). Handbuch				
4	Heizwert	Benzin	44.7	MJ/kg	Internationale Energieagentur, OECD, and Eurostat. (2005). Handbuch				
5		Diesel	43.38	MJ/kg	Internationale Energieagentur, OECD, and Eurostat. (2005). Handbuch				
6	Anteil	Benzin	44%	%	Zulassungsstatistik 2009				
7		Diesel	56%	%					
8			Kaltstart	Warm (g/km)					
9	Kategorie	Treibstoff	(g/Start)	Innerorts	Ausserorts	Quelle			
10	Verbrauch	Benzin	33.99	61.77	45.63	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
11		Diesel	32.08	51.81	39.55	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
12	CO	Benzin	21.47	2.02	1.27	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
13		Diesel	1.14	0.30	0.19	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
14	HC	Benzin	1.75	0.18	0.10	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
15		Diesel	0.15	0.06	0.03	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
16	NOX	Benzin	0.57	0.26	0.26	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
17		Diesel	0.12	0.53	0.43	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
18	PM	Benzin	0.00	0.00	0.00	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
19		Diesel	0.06	0.04	0.04	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
20	CO2	Benzin	107.07	194.59	143.73	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
21		Diesel	101.05	163.20	124.57	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
22									
23	Dichte	0.7979598 kg/l							
24	Heizwert	43.965904 MJ/kg							
25			Kaltstart	Warm (g/km)					
26	Kategorie	(g/Start)	Innerorts	Ausserorts					
27	Verbrauch	32.93	56.23	42.25					
28	CO	10.17	1.06	0.67					
29	HC	0.86	0.12	0.06					
30	NOX	0.32	0.41	0.35					
31	PM	0.04	0.02	0.02					
32	CO2	103.72	177.13	133.07					

Zurück

Abbildung 40: Tabellenblatt „D_Emissionen“ zur Definition der Emissionsfaktoren

Der Button „Emissionsfaktoren“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „Vorlage Emissionsfaktoren“, welches die Durchschnittswerte der österreichischen Flotte im Jahr 2005 nach (INFRAS, 2004) enthält (Abbildung 41).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Variable	Treibstoff	Wert	Einheit	Quelle				
2	Dichte	Benzin	0.7404	kg/l	Internationale Energieagentur, OECD, and Eurostat. (2005). Handbuch En				
3		Diesel	0.8439	kg/l	Internationale Energieagentur, OECD, and Eurostat. (2005). Handbuch En				
4	Heizwert	Benzin	44.7 MJ/kg		Internationale Energieagentur, OECD, and Eurostat. (2005). Handbuch En				
5		Diesel	43.38 MJ/kg		Internationale Energieagentur, OECD, and Eurostat. (2005). Handbuch En				
6	Anteil	Benzin	0.44387 %		Zulassungsstatistik 2009				
7		Diesel	0.55613 %						
8			Kaltstart (Warm (g/km)						
9	Kategorie	Treibstoff		Innerorts	Ausserorts	Quelle			
10	Verbrauch	Benzin	33.99	61.77	45.628	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
11		Diesel	32.08	51.81	39.545	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
12	CO	Benzin	21.47	2.02	1.271	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
13		Diesel	1.14	0.30	0.19	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
14	HC	Benzin	1.75	0.18	0.103	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
15		Diesel	0.15	0.06	0.027	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
16	NOX	Benzin	0.57	0.26	0.263	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
17		Diesel	0.12	0.53	0.428	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
18	PM	Benzin	0.00	0.00	0	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
19		Diesel	0.06	0.04	0.038	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
20	CO2	Benzin	107.07	194.59	143.729	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
21		Diesel	101.05	163.20	124.566	HBEFA 2.1, Basisjahr 2005			
22									

Abbildung 41: Tabellenblatt „VorlageEmissionen“

Zielattraktivität

Die Zielattraktivität hängt von der Anzahl der potentiell erreichbaren Gelegenheiten ab. Mit zunehmendem Aktionsradius erhöht sich die durch die Entfernungsklassen abgedeckte Fläche. Damit nimmt allgemein auch die Anzahl an Gelegenheiten zu. Andererseits kann z.B. in einer Auspendlergemeinde, wie sie im Mühlviertel häufig anzutreffen sind, eine sehr hohe Attraktivität in einer bestimmten Entfernung bestehen. Es ist deshalb notwendig, nach Entfernungsklassen differenzierte Zielattraktivitäten anzugeben. Der Button „Attraktivität“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das entsprechende Tabellenblatt „D_ Attraktivität“ (Abbildung 42).

	A	B	C	D
1	Länge (km)		Mittelwert	Attraktivität
2	von	bis		
3	0	1	0.5	1.00
4	1	2.5	1.75	1.22
5	2.5	5	3.75	1.58
6	5	10	7.5	2.24
7	10	20	15	3.16
8	20	50	35	5.48
9	50	100	75	7.07
10				
11	Zurück			
12				

Abbildung 42: Tabellenblatt „D_Attraktivitaet“ zur Definition der Zielattraktivität in den einzelnen Entfernungsklassen

Der Button „Attraktivität“ im Bereich „Daten bearbeiten“ öffnet das Tabellenblatt „VorlageAttraktivität“ (Abbildung 43).

	A	B	C	D
1	Länge (km)		Attraktivität	
2	von	bis		
3	0	1	1.0	
4	1	2.5	1.2	
5	2.5	5	1.6	
6	5	10	2.2	
7	10	20	3.2	
8	20	50	5.4	
9	50	100	7.0	
10				
11	Zurück			
12				

Abbildung 43: Tabellenblatt „VorlageAttraktivitaet“

Kalibrierung

Im Allgemeinen ist es notwendig und üblich, dass Modelle durch die Variation geeigneter Parameter an die im Basisjahr beobachtete Situation angepasst werden. Im Fall des ClimateMOBIL-Tools wird die beobachtete Mobilitätssituation durch den Modal Split des Basisjahres beschrieben. Mit Hilfe des Buttons „Modal Split Basisjahr“ im Bereich „Kalibrierung“ gelangen die Benutzer zur Eingabe dieser Daten (Abbildung 44). Bei Auswahl einer vorbereiteten Fallstudie mit Hilfe des Buttons „Auswahl vorbereitete Daten“ werden die entsprechenden Modal Split Werte automatisch übernommen.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		FG	RF	ÖV	MIV			
2	Modal split (%)	18%	13%	8%	61%		Quelle: OÖ Verkehre	
3								
4		Zurück						
5								
6								

Abbildung 44: Tabellenblatt „D_ModalSplit“ zur Definition des beobachteten Modal Split im Basisjahr

Mit Hilfe des Buttons „Parameter“ gelangen die Benutzer zum Tabellenblatt „D_Parameter“ (Abbildung 45). Die rosa markierten Zellen enthalten jene Parameter, die zur Kalibrierung verwendet werden können. Im linken oberen Bereich sind einander der vom Modell berechnete und der beobachtete Modal Split gegenübergestellt. Im Idealfall sollte die Differenz nahe bei Null liegen. Ist dies nicht der Fall, dann haben die Benutzer zwei Möglichkeiten. Sie können entweder die rosa markierten Zellen manuell verändern bis die Differenz nahe bei Null liegt. Oder sie können mit Hilfe des Buttons „Kalibrieren“ eine automatische Optimierung mit Hilfe des Excel-Solvers starten. Es ist hier allerdings Vorsicht geboten. Falls die Ursprungsdifferenz sehr groß war und die Parameter Extremwerte annehmen, ist es besser, die Definitionen der Geschwindigkeiten, des Angebots und der Kosten für den öffentlichen Verkehr und den motorisierten Individualverkehr sowie der Zielattraktivitäten zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.

Mit Hilfe des Buttons „Reset Parameter“ können die auf (Walther et al., 1997) beruhenden ursprünglichen Parametereinstellungen wieder hergestellt werden.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Quelle: (Walther et. al. 1997)										
2	Mode	Vegeteil					Modal Split	FG	RF	ÖV	MIV
3	Fußgeher		α	β	γ		Daten	18.2%	13.4%	7.8%	60.5%
4	Fahrrad		16.0358642	16.0479548	16		Modell	18.2%	13.4%	7.8%	60.5%
5	ÖV	Zugang/Abgang	0.506502	0.268792	0.396047						
6		Warten	1.632673	0.256768	0.45924		Differenz	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7		Umsteigen	0.744725	0.28447	0.437923						
8		Kosten	0.20								
9	MIV	Zugang/Abgang	2	0.0001	0.8		<input type="button" value="Kalibrieren"/>	<input type="button" value="Reset Parameter"/>			
10		Parkplatzsucher	2	0.0001	0.8						
11		Treibstoffkosten	0.53								
12		Parkplatzkosten	0.33								
13											
14											
15							<input type="button" value="Zurück"/>				
16											

Abbildung 45: Tabellenblatt „D_Parameter“ zur Kalibrierung der Parameter der Widerstandsfunktion

Zur Kalibrierung des Modells auf das Basisjahr ist es notwendig, dass der Modal Split zuerst unabhängig vom eigentlichen Modell in Vensim® berechnet wird. Mit Hilfe des Buttons „Berechnung“ im Tabellenblatt „Steuerung“ gelangen die Benutzer zu dieser Berechnung (Abbildung 47 bis Abbildung 50). Zwischen den einzelnen Tabellenblättern kann mit den Buttons „<“ und „>“ hin und her navigiert werden.

	A	B	C	D	E
1	Länge (km)	Zeit (min)	Widerstand (min)	1/W	A/W
2	0.5	6.79	20.52	0.048732947	0.04873295
3	1.75	23.75	79.81	0.012529149	0.01534501
4	3.75	50.89	250.18	0.0039972	0.00632013
5	7.5	101.79	2,613.86	0.000382575	0.00085546
6	15	203.57	520,511.85	1.92119E-06	6.0753E-06
7	35				
8	75				
9					
10	<input type="button" value="Zurück"/>	<input type="button" value=">"/>			
11					
12					
13					

Abbildung 46: Tabellenblatt „R_WidFG“

	A	B	C	D	E
1	Länge (km)	Zeit (min)	Widerstand (min)	1/W	A/W
2	0.5	3.00	36.08	0.02771333	0.02771333
3	1.75	10.50	81.22	0.01231245	0.01507961
4	3.75	22.50	257.75	0.00387979	0.00613448
5	7.5	45.00	934.77	0.00106978	0.00239211
6	15	90.00	3,642.86	0.00027451	0.00086808
7	35	210.00	19,690.82	5.0785E-05	0.00027816
8	75				
9					
10	<input type="button" value="Zurück"/>	<input type="button" value="<"/>	<input type="button" value=">"/>		
11					
12					

Abbildung 47: Tabellenblatt „R_WidRF“

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Länge (km)	Zugang (min)	Warten (min)	Fahrtzeit (min)	Umsteigen (min)	Abgang (min)	Kosten (min)	Widerstand (min)	1/W	A/W
2	0.5	146.1	452.2	0.9	0.0	146.1	23.7	769.0	0.00130033	0.00130033
3	1.75	55.2	216.7	3.1	0.0	55.2	23.7	353.8	0.00282648	0.00346171
4	3.75	55.2	216.7	6.6	0.0	55.2	34.8	368.5	0.00271404	0.00429127
5	7.5	90.0	216.7	13.2	0.0	90.0	34.8	444.7	0.00224859	0.005028
6	15	90.0	452.2	26.4	1.2	90.0	55.7	715.5	0.00139765	0.00441976
7	35	90.0	452.2	61.6	16.4	90.0	78.0	788.2	0.00126875	0.0069492
8	75	146.1	452.2	131.9	234.4	146.1	278.5	1389.3	0.0007198	0.00508977
9										
10	Länge (km)	Zugang (min)	Warten (min)	Fahrtzeit (min)	Umsteigen (min)	Abgang (min)	Kosten (€)			
11	0.5	10	11.0	0.9	0	10	0.85			
12	1.75	8	9.6	3.1	0	8	0.85			
13	3.75	8	9.6	6.6	0	8	1.25			
14	7.5	9	9.6	13.2	0	9	1.25			
15	15	9	11.0	26.4	1	9	2			
16	35	9	11.0	61.6	5	9	2.8			
17	75	10	11.0	131.9	10	10	10			
18										
19										
20	Zurück	<	>							
21										
22										

Abbildung 48: Tabellenblatt „R_WidOeV“

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Länge (km)	Zugang (min)	Fahrtzeit (min)	PPL Suche (min)	Abgang (min)	Betrieb (min)	Parken (min)	Widerstand (min)	1/W	A/W
2	0.5	2.0	0.7	4.0	2.0	0.6	0.0	9.3	0.11	0.11
3	1.75	2.0	2.5	2.0	2.0	1.3	0.0	9.8	0.10248265	0.12551511
4	3.75	0.0	5.3	0.0	0.0	2.4	0.0	7.7	0.13054548	0.20641053
5	7.5	0.0	10.6	0.0	0.0	4.4	0.0	15.0	0.06676259	0.14928568
6	15	0.0	21.2	0.0	0.0	8.4	0.0	29.6	0.03376665	0.10677953
7	35	0.0	49.4	0.0	0.0	19.3	0.0	68.6	0.01456752	0.0797896
8	75	0.0	105.8	0.0	0.0	41.0	0.0	146.9	0.00680948	0.0481503
9										
10	Länge (km)	Zugang (min)	Fahrtzeit (min)	PPL Suche (min)	Abgang (min)	Betrieb (€)	Parken (€)			
11	0.5	1	0.7	2	1	0.1	0			
12	1.75	1	2.5	1	1	0.1	0			
13	3.75	0	5.3	0	0	0.3	0			
14	7.5	0	10.6	0	0	0.5	0			
15	15	0	21.2	0	0	0.9	0			
16	35	0	49.4	0	0	2.1	0			
17	75	0	105.8	0	0	4.5	0			
18										
19										
20	Zurück	<	>							
21										

Abbildung 49: Tabellenblatt „R_WidMIV“

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Länge (km)	FG	RF	ÖV	MIV		Total		
2	0.5	12%	7%	0%	7.9%		28%		
3	1.75	4%	4%	1%	9.2%		18%		
4	3.75	2%	2%	1%	15.2%		19%		
5	7.5	0%	1%	1%	11.0%		13%		
6	15	0%	0%	1%	7.8%		9%		
7	35	0%	0%	2%	5.9%		8%		
8	75	0%	0%	1%	3.5%		5%		
9									
10	Total	18%	13%	8%	61%		100%		
11									
12	Fußgeher					Radverkehr			
13	Länge (km)	Modell	Daten	Differenz		Länge (km)	Modell	Daten	Differenz
14	0.5	68%	76%	-8%		0.5	53%	45%	7%
15	1.75	22%	15%	6%		1.75	29%	29%	0%
16	3.75	9%	6%	3%		3.75	12%	18%	-6%
17	7.5	1%	2%	-1%		7.5	5%	5%	0%
18	15	0%	0%	0%		15	2%	2%	-1%
19	35					35	1%	1%	0%
20	75					75			0%
21									
22	ÖV					MIV			
23	Länge (km)	Modell	Daten	Differenz		Länge (km)	Modell	Daten	Differenz
24	0.5	4%	5%	-1%		0.5	13%	11%	2%
25	1.75	11%	12%	0%		1.75	15%	16%	-1%
26	3.75	14%	20%	-6%		3.75	25%	22%	3%
27	7.5	16%	21%	-5%		7.5	18%	22%	-4%
28	15	14%	18%	-4%		15	13%	16%	-3%
29	35	23%	17%	6%		35	10%	9%	0%
30	75	17%	8%	9%		75	6%	4%	2%
31									
32									
33	Zurück	<							
34									
35									

Abbildung 50: Tabellenblatt „R_ModalSplit“

7. SCHLUßFOLGERUNGEN & ZUSAMMENFASSUNG

Im Modul 2 „Instrumente der Mobilitätsbewertung“ wurde der Begriff „Mobilität“ im engeren und weiteren Sinne erläutert und die Gründe für physische Mobilität dargestellt. Festzuhalten ist, dass physische Mobilität immer einen zugrunde liegenden Zweck hat, oder anders ausgedrückt, mit Ortsveränderungen ein menschliches Bedürfnis befriedigt wird.

Die Raumüberwindung (= physische Mobilität) wird notwendig, wenn lokal ein Defizit herrscht, welches die Bedürfnisbefriedigung vor Ort verhindert. Ein Mensch verwendet für die Ortsveränderung das für ihn „optimale“ Verkehrsmittel. Vor allem im ländlichen Bereich ist dies auf Grund der Jahrzehnte langen autofreundlichen Angebotsplanung in hohem Maß der motorisierte Individualverkehr.

Gegenwärtig findet auf Grund immer größer werdender Umweltprobleme ein Umdenken in der Verkehrsplanung statt. In immer mehr Regionen wird versucht, die physische Mobilität umweltfreundlicher zu gestalten.

Um seriöse umweltgerechte Verkehrsplanung betreiben zu können, ist es notwendig, die gegenwärtige Mobilitätsnachfrage einer Region zu quantifizieren. Hierzu wurden im Kapitel 4 Methoden und Instrumente zur Mobilitätshebung und -bewertung vorgestellt.

Durch Diskussionen mit den Praxispartnern und Verantwortlichen aus den Regionen wurde festgestellt, dass viele der existierenden Methoden in den Regionen nicht angewandt werden, da sie

als zu komplex und/oder nicht flexibel genug und/oder zu teuer angesehen werden oder oft einfach auch das nötige Fachwissen in den Regionen nicht vorhanden ist, um diese Methoden sachgerecht anzuwenden.

Aus diesem Grund wurden in Modul 2 Methoden ausgewählt und vorgestellt, die nach Meinung des Projektteams, den Bedürfnissen und den Fähigkeiten der Regionen bzgl. Mobilitätsbewertung entsprechen - es sind dies:

- a) Die Methode der Ursache-Wirkungsdiagramme zur Darstellung komplexer Sachverhalte und zur qualitativen Analyse von verkehrspolitischen Maßnahmen und
- b) das eigens für Regionen entwickelte Distanzklassenmodell zur quantitativen Abschätzung verkehrspolitischer Maßnahmen.

Beide Methoden eignen sich vor allem in Kombination mit Verkehrserhebungen dazu, in den Regionen die notwendigen Entscheidungsgrundlagen für die Planung einer umweltfreundlichen Mobilität zu liefern.

Wir hoffen mit diesen Instrumenten die Regionen bei ihrer Arbeit zu unterstützen zu können und sind gerne bei der Anwendung dieser Methoden behilflich.

Dr. Paul C. Pfaffenbichler, A.o.Univ.Prof.Dr. Günter Emberger

8. LITERATUR

- BMVIT. (2010). "Der Radverkehr in Zahlen ", Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Wien.
<http://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/strasse/downloads/riz.pdf>.
- Brög, W., and Erl, E. (1999). *Kenngößen für Fußgänger und Fahrradverkehr*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, M109, BASt, Bergisch Gladbach.
- Cerwenka, P., Hauger, G., Hörl, B., and Klamer, M. (2007). *Handbuch der Verkehrssystemplanung*, Österr. Kunst- u. Kulturverl., Wien.
- Duden. (1997). "Band 5 , Fremdwörterbuch." Duden, Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim.
- Follmer, R., Kunert, U., Kloas, J., and Kuhfeld, H. (2004). "Mobilität in Deutschland - Ergebnisbericht." Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, www.kontiv2002.de.
- FSV, Ö. F. S. e.-S.-V. (2010). "Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen RVS 02.01.22."
- Herry, M., and Sammer, G. (1999). *Mobilitätserhebung österreichischer Haushalte*, Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr. Forschungsarbeiten aus den Verkehrswesen, Band 87, Wien.
- Herry, M., Sedlacek, N., and Steinacher, I. (2007). "Verkehr in Zahlen - Ausgabe 2007." Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz07gesamt.pdf.
- Herry, M., Steinacher, I., and Tomschy, R. (2009). *Mobilität in Vorarlberg - Ergebnisse der Verkehrsverhaltensbefragung 2008*, HERRY Consult GmbH im Auftrag von Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abt. VIa - Allgemeine Wirtschaftsangelegenheiten, Wien. M:\MitarbeiterInnen\PPF\Bibliothek\Daten\Hauhaltsbefragungen\verkehrsbefragungvorarlberg2008.pdf.
- INFRAS. (2004). *HBEFA - Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs, Version 2.1*, Bern/Zürich.
- Köhler, U., Zöllner, R., Wermuth, M., and Emig, J. (2001). *Analyse der Anwendung von Verkehrsnachfragemodellen*, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 804, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr, Bonn.
- Lill, E. (1889). "Die Grundgesetze des Personenverkehrs." *Zeitschrift für Eisenbahnen und Dampfschiffahrt der Österreichisch-Ungarischen Monarchie* (35, 36), 697-706, 713-725.
- Litman, T. (2010). "Transportation Elasticities - How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior." Victoria Transport Policy Institute.
- Maslow, A. H. (1943). "A Theory of Human Motivation." *Psychological Review*, 50, 370-396.
- May, A. D., Karlstrom, A., Marler, N., Matthews, B., Minken, H., Monzon, A., Page, M., Pfaffenbichler, P. C., and Shepherd, S. P. (2003). *Entwicklung nachhaltiger urbaner Flächennutzungs- und Verkehrsstrategien - Handbuch für Entscheidungsträger*, P. Pfaffenbichler, translator, Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds.
http://www.ivv.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-verkehrsplanung/Diverse/Forschung/International/PROSPECTS/pr_del15dmgdt.pdf.
- Pfaffenbichler, P. (2007). "Der Irrglaube von der wachsenden Mobilität - Warum der Ausbau der Straßen keine Lösung für Verkehrsprobleme ist." Verkehrs- und Siedlungsentwicklung in den Alpen im (Klima-)Wandel, Reihe: Alpen im Klimawandel, Bund Naturschutz in Bayern e.V., Rosenheim, Deutschland, http://www.bund-naturschutz.de/fileadmin/download/alpen/Aktuelles/Pfaffenbichler_Irrglaube_wachsende_Mobilitaet_271007.pdf, 29.12.2009.
- Roberts, N., Andersen, D. F., Deal, R. M., Garet, M. S., and Shaffer, W. A. (1983). *Introduction to Computer simulation: The System Dynamics Approach*, Addison-Wesley Publishing Company, London Amsterdam Don Mills Ontario Sydney.
- Schindler, J., Held, M., and Würdemann, G. (2009). *Postfossile Mobilität - Wegweiser für die Zeit nach dem Peak Oil*, VAS - Verlag für Akademische Schriften, Bad Homburg.
- Schnabel, W., and Lohse, D. (1997a). *Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung*, Band 2: Verkehrsplanung, Verlag für Bauwesen, Berlin.

- Schnabel, W., and Lohse, D. (1997b). *Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung - Band 2 - Verkehrsplanung*, Band 2, Verl. f. Bauwesen, Berlin.
- Shepherd, S., Koh, A., Balijepalli, C., Liu, R., Pfaffenbichler, P., Emberger, G., and Ash, A. (2009). "Overcoming Barriers to Model Use." *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 9 (3), 277-295.
- te Brömmelstroet, M. (2010). "Making Planning Support Systems Matter - Improving the use of Planning Support Systems for integrated land use and transport strategy-making," University of Amsterdam, Amsterdam.
- Umweltbundesamt. (2009). "Mehr Mobilität mit weniger Verkehr." Dessau-Roßlau, Deutschland, <http://www.umweltbundesamt.de/verkehr/nachentw/mobilitaet/verkehr.htm>, 29.12.2009.
- VTPI. (2010a). "Measuring Transport - Traffic, Mobility and Accessibility, TDM Encyclopedia." Victoria Transport Policy Institute, Victoria, BC, <http://www.vtpi.org/tdm/tdm55.htm>, 05/02/2010.
- VTPI. (2010b). "Transportation Statistics - Transportation Information Sources, TDM Encyclopedia." Victoria Transport Policy Institute, Victoria, BC, <http://www.vtpi.org/tdm/tdm80.htm>, 05/02/2010.
- Walther, K., Oetting, A., and Vallée, D. (1997). *Simultane Modellstruktur für die Personenverkehrsplanung auf der Basis eines neuen Verkehrswiderstands*, Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, 52, Aachen.

9. ANHANG

9.1 MATHEMATISCHE BESCHREIBUNG DES CLIMATMOBIL-TOOLS

Das im Projekt ClimateMOBIL entwickelte Tool basiert auf einem Verkehrsaufteilungsmodell, welches den im Untersuchungsgebiet entstehenden Verkehr simultan auf jeweils sieben Entfernungsklassen (aktuell bis 1km, bis 2.5 km, bis 5 km, bis 10 km, bis 20 km, bis 50 km und > 50 km) und die vier Verkehrsmittel Zu-Fuß-Gehen, Fahrrad, öffentlicher Verkehr und motorisierter Individualverkehr aufteilt. Formel 4 beschreibt die Berechnung des Quellverkehrspotentials, Formel 5 dessen simultane Aufteilung auf Entfernungsklassen und Verkehrsmittel.

$$P(t) = p * E(t)$$

Formel 4: Anzahl Wege pro Tag

Legende:

$P(t)$ Anzahl der im Jahr t im Untersuchungsgebiet entstehenden Wege pro Tag

p Wege pro Person und Tag

$E(t)$ Anzahl der Einwohner im Untersuchungsgebiet im Jahr t

$$T_e^m(t) = P(t) * \frac{\frac{A_e(t)}{w_e^m(t)}}{\sum_{e,m} \frac{A_e(t)}{w_e^m(t)}}$$

Formel 5: Anzahl Wege pro Tag nach Verkehrsmittel und Entfernungsklasse

Legende:

$T_e^m(t)$ Anzahl der Wege in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel m im Jahr t

$P(t)$ Anzahl der im Jahr t im Untersuchungsgebiet entstehenden Wege pro Tag

$A_e(t)$ Relative Attraktivität der Ziele in der Entfernungsklasse e im Jahr t

$w_e^m(t)$ Widerstand, einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel m im Jahr

t zu absolvieren (min)

Die Zielattraktivität hängt von der Anzahl der potentiell erreichbaren Gelegenheiten ab. Mit zunehmendem Aktionsradius erhöht sich die durch die Entfernungsklassen abgedeckte Fläche. Damit nimmt auch die Anzahl an Gelegenheiten zu. Es wurden deshalb für die einzelnen Entfernungsklassen die in Abbildung 51 dargestellten relativen Zielattraktivitäten angenommen.

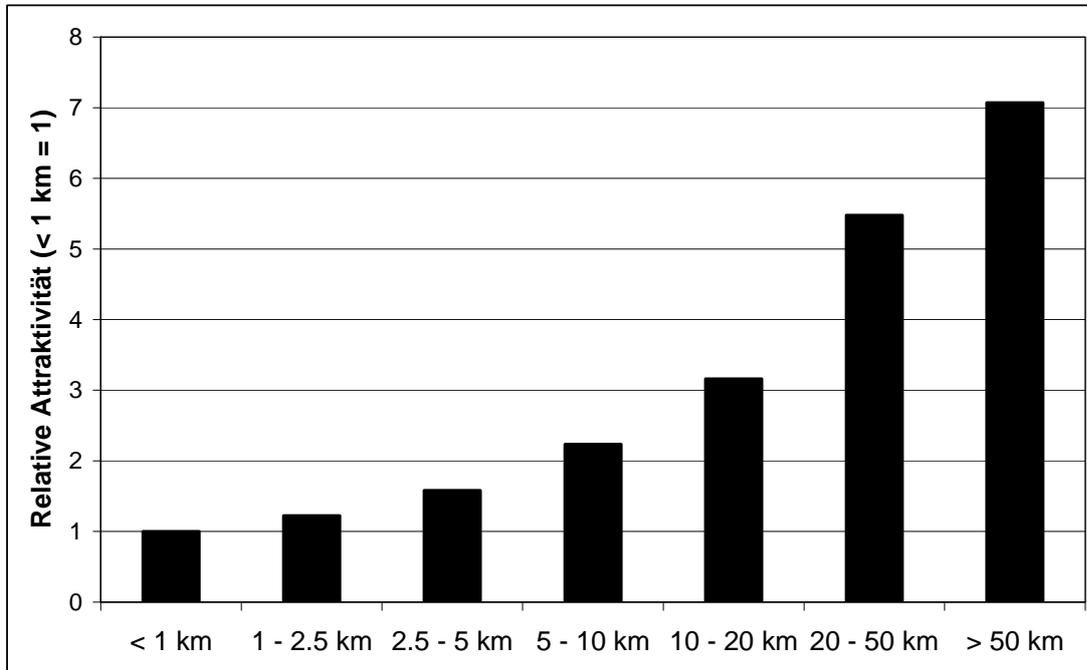


Abbildung 51: Relative Zielattraktivität der einzelnen Entfernungsklassen (< 1 km = 1)

Die Widerstandsfunktionen $w_e^m(t)$ basieren auf den Definitionen von (Walther et al., 1997). Das Grundprinzip der Widerstandsfunktionen nach (Walther et al., 1997) ist, dass die Zeiten der verschiedenen Teile eines Weges mit jeweils unterschiedlichen, subjektiven Zeitbewertungsfaktoren multipliziert werden (Formel 6).

$$w^{m,k} = t^{m,k} * SB^{m,k}$$

Formel 6: Grundform der Widerstandsfunktion nach (Walther et al., 1997)

Legende:

$w^{m,k}$ Widerstand eines Teilabschnitts k (z.B. Zugang zur Haltestelle, Warten an der Haltestelle, usw.) eines Weges mit dem Verkehrsmittel m

$t^{m,k}$ Zeit für einen Teilabschnitt k eines Weges mit dem Verkehrsmittel m (min)

$SB^{m,k}$ Subjektiver Bewertungsfaktor eines Teilabschnitts k eines Weges mit dem Verkehrsmittel m

Der subjektive Bewertungsfaktor $SB^{m,k}$ hat dabei die folgende Grundform (Formel 7).

$$SB^{m,k} = a^{m,k} + b^{m,k} * e^{c^{m,k} * t^{m,k}}$$

Formel 7: Grundform des subjektiven Bewertungsfaktors nach (Walther et al., 1997)

Legende:

$SB^{m,k}$ Subjektiver Bewertungsfaktor eines Teilabschnitts k eines Weges mit dem Verkehrsmittel m

$a^{m,k}, b^{m,k}, c^{m,k}$ Parameter eines Teilabschnitts k eines Weges mit dem Verkehrsmittel m

$t^{m,k}$ Zeit für einen Teilabschnitt k eines Weges mit dem Verkehrsmittel m (min)

Formel 8 zeigt die Widerstandsfunktion für das Verkehrsmittel Zu-Fuß-Gehen. Der Parameter a^{FG} wurde verwendet, um das Modell auf die Modal Split Werte des Ausgangszustands zu kalibrieren.

$$w_e^{FG}(t) = t_e^{FG}(t) * \left[a^{FG}(t) + b^{FG}(t) * e^{c^{FG}(t) * t_e^{FG}(t)} \right]$$

Formel 8: Widerstandsfunktion Zu-Fuß-Gehen

Legende:

$w_e^{FG}(t)$ Widerstand eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel Zu-Fuß-Gehen im Jahr t (min)

$t_e^{FG}(t)$ Zeit für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel Zu-Fuß-Gehen im Jahr t (min)

$a^{FG}(t), b^{FG}(t), c^{FG}(t)$ Parameter eines Weges mit dem Verkehrsmittel Zu-Fuß-Gehen im Jahr t

Für das Verkehrsmittel Fahrrad verwendet (Walther et al., 1997) eine abweichende Definition der Widerstandsfunktion (Formel 9). Die Parameter a^{RF} und b^{RF} werden verwendet, um das Modell auf die Modal-Split-Werte des Ausgangszustands zu kalibrieren.

$$w_e^{RF}(t) = a^{RF}(t) + b^{RF}(t) * \left[d_e^{RF}(t) \right]^2$$

Formel 9: Widerstandsfunktion Radfahren

Legende:

$w_e^{RF}(t)$ Widerstand eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel Fahrrad im Jahr t (min)

$d_e^{RF}(t)$ Weglänge eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel Fahrrad im Jahr t (km)

$a^{RF}(t), b^{RF}(t)$ Parameter eines Weges mit dem Verkehrsmittel Fahrrad im Jahr t

Formel 10 und Formel 11 zeigen die Widerstandsdefinition für das Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr. Die Parameter der subjektiven Bewertungsfaktoren der Zeitbestandteile wurden unverändert aus (Walther et al., 1997) übernommen und konstant gehalten (Tabelle 6). Der „Willingness to Pay“ Parameter α wird verwendet, um das Modell auf die Modal-Split-Werte des Ausgangszustands zu kalibrieren.

$$w_e^{\text{ÖV}}(t) = t_e^{\text{ÖV},zu}(t) * SB_e^{\text{ÖV},zu} + t_e^{\text{ÖV},w}(t) * SB_e^{\text{ÖV},w} + \sum t_e^{\text{ÖV},f}(t) + \sum t_e^{\text{ÖV},u}(t) * SB_e^{\text{ÖV},u} + t_e^{\text{ÖV},ab}(t) * SB_e^{\text{ÖV},ab} + K_e^{\text{ÖV}}(t)$$

Formel 10: Widerstandsfunktion öffentlicher Verkehr

Legende:

$w_e^{\text{ÖV}}(t)$ Widerstand eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t (min)

$t_e^{\text{ÖV},zu}(t)$ Zugangszeit zur Haltestelle für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem

- Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t (min)
- $SB_e^{\text{ÖV},zu}$ Subjektiver Bewertungsfaktor der Zugangszeit zur Haltestelle eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t
- $t_e^{\text{ÖV},w}(t)$ Wartezeit an der Haltestelle für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t (min)
- $SB_e^{\text{ÖV},w}$ Subjektiver Bewertungsfaktor der Wartezeit an der Haltestelle eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t
- $t_e^{\text{ÖV},f}(t)$ Fahrzeit für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t (min)
- $t_e^{\text{ÖV},u}(t)$ Umsteigezeit für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t (min)
- $SB_e^{\text{ÖV},u}$ Subjektiver Bewertungsfaktor der Umsteigezeit eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t
- $t_e^{\text{ÖV},ab}(t)$ Abgangszeit von der Haltestelle für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t (min)
- $SB_e^{\text{ÖV},ab}$ Subjektiver Bewertungsfaktor der Abgangszeit von der Haltestelle eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t
- $K_e^{\text{ÖV}}(t)$ Widerstand der Kosten eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t (min)

$$K_e^{\text{ÖV}}(t) = \frac{p_e^{\text{ÖV}}(t)}{\alpha * HE}$$

Formel 11: Widerstand der Kosten öffentlicher Verkehr

Legende:

- $K_e^{\text{ÖV}}(t)$ Widerstand der Kosten eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t (min)
- $p_e^{\text{ÖV}}(t)$ Fahrpreis für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel öffentlicher Verkehr im Jahr t (Euro)
- α Parameter „Willingness to Pay“
- HE Haushaltseinkommen (Euro/min)

Tabelle 6: Parameter Widerstandsfunktion öffentlicher Verkehr

Wegteil	$a^{\text{ÖV},k}$	$b^{\text{ÖV},k}$	$c^{\text{ÖV},k}$
Zugang/Abgang	0.506502	0.268792	0.396047
Warten	1.632673	0.256768	0.45924
Umsteigen	0.744725	0.28447	0.437923

Formel 12 und Formel 13 zeigen die Widerstandsdefinition für das Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr. Die Parameter der subjektiven Bewertungsfaktoren der Zeitbestandteile wurden unverändert aus (Walther et al., 1997) übernommen und konstant gehalten (Tabelle 7). Die „Willingness to Pay“ Parameter α_b und α_p werden verwendet, um das Modell auf die Modal Split Werte des Ausgangszustands zu kalibrieren.

$$w_e^{\text{MIV}}(t) = t_e^{\text{MIV},zu}(t) * SB_e^{\text{MIV},zu} + \sum t_e^{\text{MIV},f}(t) + t_e^{\text{MIV},ps}(t) * SB_e^{\text{MIV},ps} + t_e^{\text{MIV},ab}(t) * SB_e^{\text{MIV},ab} + K_e^{\text{MIV}}(t)$$

Formel 12: Widerstandsfunktion motorisierter Individualverkehr

Legende:

- $w_e^{\text{MIV}}(t)$ Widerstand eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t (min)

- $t_e^{MIV, zu}(t)$ Zugangszeit zum Parkplatz für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t (min)
- $SB_e^{MIV, zu}$ Subjektiver Bewertungsfaktor der Zugangszeit zum Parkplatz eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t
- $t_e^{MIV, f}(t)$ Fahrzeit für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t (min)
- $t_e^{MIV, ps}(t)$ Parkplatzsuchzeit für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t (min)
- $SB_e^{MIV, ps}$ Subjektiver Bewertungsfaktor der Parkplatzsuchzeit eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t
- $t_e^{MIV, ab}(t)$ Abgangszeit vom Parkplatz für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t (min)
- $SB_e^{MIV, ab}$ Subjektiver Bewertungsfaktor der Abgangszeit vom Parkplatz für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t
- $K_e^{MIV}(t)$ Widerstand der Kosten eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t (min)

$$K_e^{MIV}(t) = \frac{1}{HE * B} \left(\frac{b_e^{MIV}(t)}{\alpha_b} + \frac{p_e^{MIV}(t)}{\alpha_p} \right)$$

Formel 13: Widerstand der Kosten motorisierter Individualverkehr

Legende:

- $K_e^{MIV}(t)$ Widerstand der Kosten eines Weges in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t (min)
- $b_e^{MIV}(t)$ Betriebskosten (Treibstoff, sonstige) für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t (Euro)
- α_b Parameter „Willingness to Pay“ Betriebskosten
- $p_e^{MIV}(t)$ Parkgebühren für einen Weg in der Entfernungsklasse e mit dem Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr im Jahr t (Euro)
- α_p Parameter „Willingness to Pay“ Parkgebühren
- HE Haushaltseinkommen (Euro/min)
- B Besetzungsgrad (Personen je Fahrzeug)

Tabelle 7: Parameter Widerstandsfunktion motorisierter Individualverkehr

Wegeteil	$a^{MIV,k}$	$b^{MIV,k}$	$c^{MIV,k}$
Zugang, Abgang, Parkplatzsuche	2	0.0001	0.8

9.2 BEISPIEL VERKEHRSMITTELWAHLMODELL

9.2.1 FRAGESTELLUNG

Es soll die Verkehrsmittelwahl im Pendlerverkehr zwischen den Gemeinden Traismauer und St. Pölten abgeschätzt werden. Da die Entfernung zwischen den beiden Gemeinden knapp über 20 Kilometer beträgt, können die Verkehrsmittel zu Fuß gehen und Fahrrad vernachlässigt werden. D.h. es stehen als Alternativen der motorisierte Individualverkehr und der öffentliche zur Verfügung.

9.2.2 DATEN

9.2.2.1 Motorisierter Individualverkehr

- Entfernung 21.9 km (Microsoft AutoRoute 2001)
- Geschwindigkeit 62.6 km/h
- Fahrzeit 21 min
- Parkplatz direkt an der Quelle und am Ziel
- Kosten 2.24 Euro (Microsoft AutoRoute 2001)

9.2.2.2 Öffentlicher Verkehr

- Fahrzeit ~20 min (elektronische Fahrplanabfrage)
- Intervall ~30 min
- Zu- und Abgangsweg ~5 min zu Fuß (Schätzung)
- Umsteigen 0
- Kosten 2.30 Euro (elektronische Fahrplanabfrage)

9.2.3 BERECHNUNG

Die Berechnung der Verkehrsmittelwahl soll auf den von (Walther et al., 1997) definierten Widerstandsfunktionen basieren (siehe Formel 10, Formel 11, Formel 12 und Formel 13 im Kapitel 9.1).

9.2.3.1 Motorisierter Individualverkehr

- Widerstand:

$$w_{MIV}^{\alpha} = t_{MIV} * 0.85 * (1 - 0.73 * e^{-0.19 * D_{MIV}}) + \frac{c_{MIV}}{0.43 * Eink * B_{MIV}}$$

$$w_{MIV}^{\alpha} = 21 * 0.85 * (1 - 0.73 * e^{-0.19 * 21.9}) + \frac{2.24}{0.43 * 12/60 * 1.4} = 36.25 \text{ min}$$

9.2.3.2 Öffentlicher Verkehr

- Wartezeit:

$$t_W = 8 * (1 - 1.105 * e^{-0.0852 * Intervall})$$

$$t_W = 8 * (1 - 1.105 * e^{-0.0852 * 30}) = 7.3 \text{ min}$$

- Widerstand:

$$w_{ÖV}^{\alpha} = t_{zu} * (0.57 + 0.30 * e^{0.58 * t_{zu}}) + t_W * (0.34 + 1.04 * e^{0.17 * t_W}) + t_B$$

$$+ t_{ab} * (0.57 + 0.30 * e^{0.58 * t_{ab}}) + \frac{c_{ÖV}}{0.17 * Eink}$$

$$w_{ÖV}^{\alpha} = 2 * 5 * (0.57 + 0.30 * e^{0.58 * 5}) + 7.3 * (0.34 + 1.04 * e^{0.17 * 7.3})$$

$$+ 20 + \frac{2.30}{0.17 * 12/60} = 176.61 \text{ min}$$

9.2.3.3 Vergleich der Widerstände

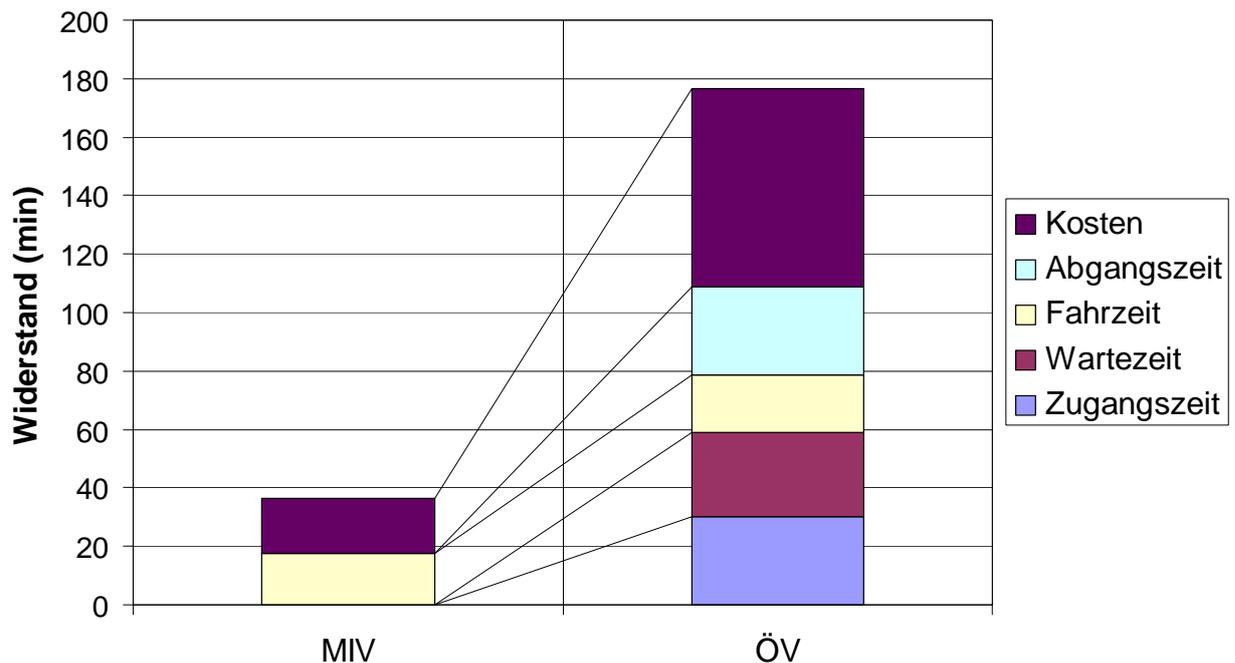


Abbildung 52: Vergleich der Widerstände motorisierter Individualverkehr - öffentlicher Verkehr

9.2.3.4 Verkehrsmittelwahl Status Quo

Aus den Widerständen kann die Auswahlwahrscheinlichkeit der Verkehrsmittel mit Hilfe der Analogie zum zweiten Kirchhoff'schen Gesetz der Elektrotechnik berechnet werden.

$$T_{ij}^m = T_{ij} * \frac{1/w_{ijm}^\alpha}{\sum_{m=1}^n 1/w_{ijm}^\alpha}$$

Index:

- T_{ij}^m Wege von i nach j mit dem Verkehrsmittel m
- T_{ij} Wege von i nach j alle Verkehrsmittel
- w_{ij}^m Widerstand zwischen i und j mit dem Mode m
- α Konstante

$$p_{MIV} = \frac{1/w_{MIV}^\alpha}{\sum_{m=1}^n 1/w_m^\alpha} = \frac{1/36.25}{1/36.25 + 1/176.61} = 0.83$$

$$p_{ÖV} = \frac{1/w_{ÖV}^\alpha}{\sum_{m=1}^n 1/w_m^\alpha} = \frac{1/176.61}{1/36.25 + 1/176.61} = 0.17$$

Laut Pendlerstatistik 2001 betrug der Anteil des motorisierten Individualverkehrs 75 %, jener des öffentlichen Verkehrs 25 %. Mit Hilfe der α -Parameter in der Widerstandsfunktion der Kosten können die Modellergebnisse auf diesen Wert kalibriert werden. $\alpha_{ÖV}$ erhöht sich dabei von 0,17 auf 0,42, α_{MIV} verringert sich dabei von 0,43 auf 0,30.

9.2.3.5 Modellierung der Auswirkung von Maßnahmen

- Welchen Effekt hat eine Halbierung der Fahrzeit der Bahnverbindung zwischen Traismauer und St. Pölten?

$$w_{\text{ÖV}}^{\alpha} = 2 * 5 * (0.57 + 0.30 * e^{0.58 * 5}) + 7.3 * (0.34 + 1.04 * e^{0.17 * 7.3})$$

$$+ 10 + \frac{2.30}{0.42 * 12 / 60} = 126.75 \text{ min}$$

$$p_{MIV} = \frac{1/w_{MIV}^{\alpha}}{\sum_{m=1}^n 1/w_m^{\alpha}} = \frac{1/44.54}{1/44.54 + 1/126.75} = 0.74$$

$$p_{\text{ÖV}} = \frac{1/w_{\text{ÖV}}^{\alpha}}{\sum_{m=1}^n 1/w_m^{\alpha}} = \frac{1/126.75}{1/44.54 + 1/126.75} = 0.26$$

- Welchen Effekt hat die zwingende Abstellung der Pkws in Zentralgaragen an den Bahnhöfen (Äquidistanz)?

$$w_{MIV}^{\alpha} = [5 * (0.57 + 0.30 * e^{0.58 * 5}) + 21 + 5 * (0.57 + 0.30 * e^{0.58 * 5})]$$

$$* 0.85 * (1 - 0.73 * e^{-0.19 * 21.9})$$

$$+ \frac{2.24}{0.30 * 12 / 60 * 1.4} = 95.14 \text{ min}$$

$$p_{MIV} = \frac{1/w_{MIV}^{\alpha}}{\sum_{m=1}^n 1/w_m^{\alpha}} = \frac{1/95.14}{1/95.14 + 1/136.75} = 0.59$$

$$p_{\text{ÖV}} = \frac{1/w_{\text{ÖV}}^{\alpha}}{\sum_{m=1}^n 1/w_m^{\alpha}} = \frac{1/136.75}{1/95.14 + 1/136.75} = 0.41$$

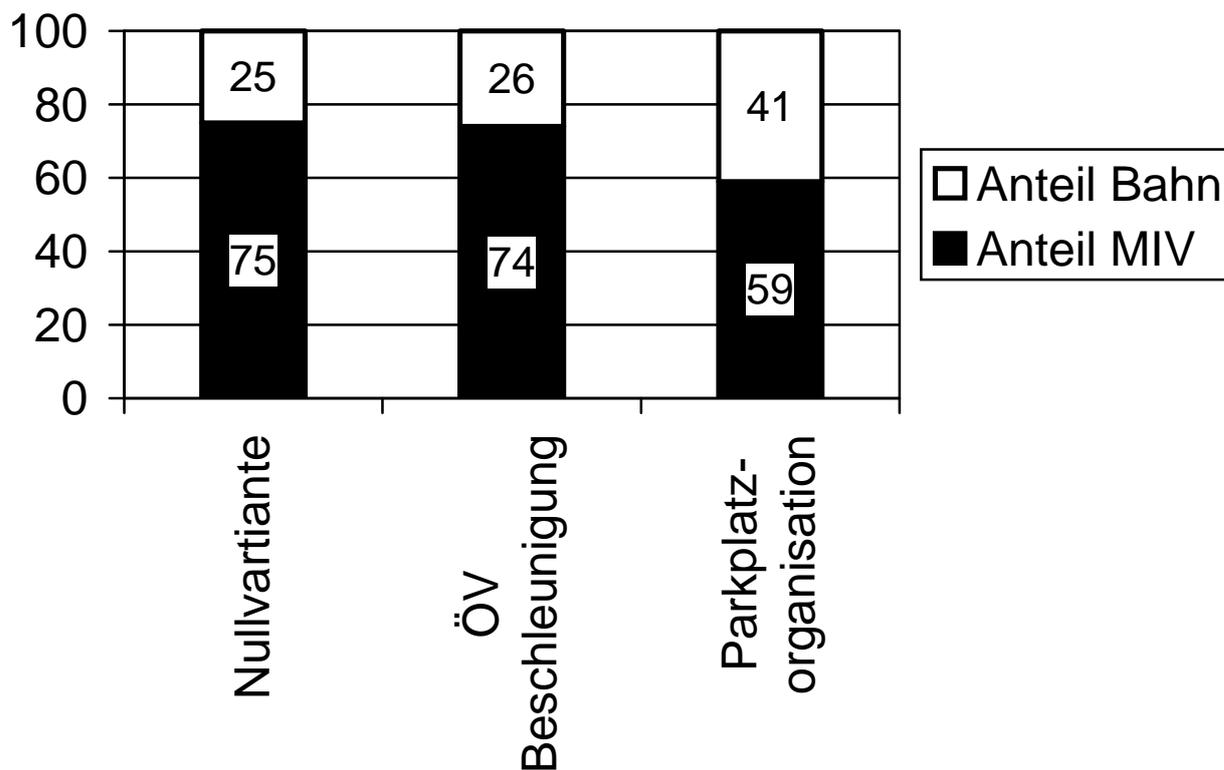


Abbildung 53: Vergleich der Verkehrsmittelanteile in den verschiedenen Szenarien