

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 370945140  
UBA-FB 001728

## **Wirtschaftliche Aspekte nichttechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr**

### **Kurzfassung**

von

**Claus Doll**

**Johannes Hartwig**

**Florian Senger**

**Wolfgang Schade**

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI,  
Karlsruhe

**Markus Maibach**

**Daniel Sutter**

**Damaris Bertschmann**

INFRAS, Zürich

**Udo Lambrecht**

**Wolfram Knörr**

**Frank Dünnebeil**

IFEU, Heidelberg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

**UMWELTBUNDESAMT**

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter <http://www.uba.de/uba-info-medien/4440.html> verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Durchführung  
der Studie:

Fraunhofer-Institut für System-  
und Innovationsforschung ISI  
Breslauer Str. 48  
76139 Karlsruhe

INFRAS  
Binzstraße 23  
Postfach  
CH-8045 Zürich

IFEU  
Wilckenstraße 3  
69120 Heidelberg

Abschlussdatum:

15. November 2012

Herausgeber:

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel.: 0340/2103-0  
Telefax: 0340/2103 2285  
E-Mail: [info@umweltbundesamt.de](mailto:info@umweltbundesamt.de)  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>  
<http://fuer-mensch-und-umwelt.de/>

Redaktion:

Fachgebiet I 3.1 Umwelt und Verkehr  
Kilian Frey  
Dessau-Roßlau, März 2013

## **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Welche Ziele verfolgt die Studie? .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Welche Maßnahmen werden untersucht? .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Welche Effekte werden bewertet? .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Wie werden die Wirkungen bestimmt? .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Was bedeutet mehr aktive Mobilität für die Verkehrsteilnehmer? .....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Was bedeutet mehr aktive Mobilität für die Gesellschaft? .....</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Welche Wege zur Umsetzung der Maßnahmen stehen zur Verfügung? .....</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>Was folgt daraus? .....</b>	<b>22</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>29</b>

## 1 Welche Ziele verfolgt die Studie?

Dank technischer Entwicklungen an Kraftfahrzeugen sind die Schadstoffemissionen des motorisierten Straßenverkehrs in den letzten beiden Jahrzehnten zum Teil stark gesunken. Das Problem der verkehrsbedingten Schadstoffbelastung ist damit jedoch nicht gelöst. Luftverunreinigungen verursachen Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen beim Menschen, beeinträchtigen die Qualität von Ernten, vermindern trotz wachstumsfördernder Eigenschaften die Artenvielfalt von Pflanzen und tragen zur globalen Erwärmung bei (UNECE, 2012). Entscheidend für Lebensqualität und Gesundheit ist jedoch nicht primär die Gesamtemission an Luftschadstoffen, sondern deren Konzentration in Siedlungsräumen. Ein weiteres weitgehend ungelöstes Problem des Straßenverkehrs sind dessen Lärmemissionen. Vor diesem Hintergrund treiben die Europäische Union, die Nationalstaaten sowie Städte und Gemeinden Maßnahmen zur weiteren Reduktion der Emission von Treibhausgasen, Luftschadstoffen und Lärm aller Verkehrsträger voran.

Die vorliegende Studie "Wirtschaftliche Aspekte nichttechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr" befasst sich mit Optionen zur Verminderung der Emissionen des motorisierten Straßenverkehrs durch nichttechnische Maßnahmen. Der Fokus der Arbeit liegt dabei auf der Wirkung der Maßnahme zur Emissionsreduktion und den damit einhergehenden privat- und gesamtwirtschaftlichen Folgeeffekten.

Mit der Studie soll ein Beitrag zur Versachlichung der Debatte um die privatwirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen eines nachhaltigeren Verkehrsverhaltens sowohl von Personen als auch von Unternehmen geleistet werden. Anhand ausgewählter Maßnahmen und Instrumente zur Erreichung gegebener Umweltziele soll dargestellt werden,

- was diese Maßnahmen und deren Implementierung für die betroffenen Nutzer bedeuten und
- welche Auswirkungen auf gesellschaftlicher und volkswirtschaftlicher Ebene zu erwarten sind.

Zielgruppen der Studie sind somit sowohl umweltinteressierte Privatpersonen und Unternehmen als auch Verkehrsdienstleister und Entscheidungsträger in Politik und Verwaltung.

## 2 Welche Maßnahmen werden untersucht?

Für die Betrachtung der wirtschaftlichen Folgen alternativer Mobilitätskonzepte werden in der vorliegenden Studie zwei Perspektiven eingenommen:

- Die **nutzerbezogene oder privatwirtschaftliche Perspektive**, ergänzt um die Berücksichtigung von Umweltkosten, und
- die **gesamtwirtschaftliche Perspektive**, bei der die makroökonomischen Wirkungen der Maßnahmen analysiert werden.

Aus dem Blickwinkel beider Perspektiven werden fünf Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr untersucht. Der Begriff „Maßnahme“ beschreibt dabei verkehrspolitische Zielvorgaben für zentrale Mobilitätskenngrößen wie "Modal Split", Wegelängen oder Kraftstoffverbrauch. Diese stellen Mittel zur Minderung der verkehrsbedingten Klimagas-, Luftschadstoff- und Lärmemissionen dar. Im volkswirtschaftlichen Kontext ist jeder Maßnahme ein bestimmter Zielwert, beispielsweise der Wegelängen oder des Modal Split, d. h. des Anteils eines Verkehrsträgers an allen Wegen, Personen- oder Tonnenkilometern zugeordnet. Je nach Art der Maßnahmen beziehen sich diese auf einen unterschiedlichen regionalen Kontext oder Verkehrsträger. Bei allen Maßnahmen werden die Auswirkungen auf Nutzerkosten- und Zeitbudgets, volkswirtschaftliche Indikatoren und die externen Effekte des Verkehrs untersucht.

- Dargestellt werden mit Maßnahme M1 die Auswirkungen einer **Steigerung des Wegeanteils des Rad- und Fußverkehrs** in Innenstädten zu Lasten der Pkw-Nutzung um 10 Prozentpunkte. Hier bedeutet dies eine Steigerung des Modal-Split-Anteils des nichtmotorisierten Verkehrs um 27 %.
- Die Maßnahme M2 untersucht die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen einer **Steigerung des Anteils des ÖPNV** am städtischen Personenverkehr um 10 Prozentpunkte. Gegenüber dem derzeitigen Wegeanteil von 8 % bedeutet dies mehr als eine Verdoppelung gegenüber einem Basis-Szenario mit konstanten Verkehrsträgeranteilen bis 2030.
- Maßnahme M3 untersucht die Auswirkungen einer **Verkürzung der durchschnittlichen Pkw-Distanzen** um 10 Prozent. Unterstellt wird dabei eine Änderung der Zielwahl durch die Verkehrsteilnehmer, so dass weiter entfernte Fahrziele durch nähergelegene Alternativen ersetzt werden.
- Maßnahme M4 geht der Frage nach, welche gesamtwirtschaftlichen Folgen und Nachhaltigkeitswirkungen eine **effizientere Pkw-Nutzung**, gemessen in der Kraftstoffeinsparung je Person um 10 Prozent, nach sich zieht.
- Maßnahme M5 untersucht schließlich, welche ökonomischen und ökologischen Auswirkungen eine **Erhöhung des Bahnanteils im nationalen Güterverkehr** um 10 Prozentpunkte hätte. Aus Perspektive der Bahn entspräche dies einem Wachstum um fast 80 % gegenüber einem Basis-Szenario bis 2030.

Für die Realisierung der Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr werden preisliche und regulatorische Instrumente, Anreizsysteme sowie Informations- und Kommunikationsstrategien untersucht (Tabelle 1).

Tabelle 1: Maßnahmen und Instrumente im Personenverkehr

Maßnahme	Instrumententyp	Mögliche Instrumente
Maßnahme M1: "Modal Split" Fuß- und Radverkehr	Preisliche Anreize	Parkraumgebühren City Maut; Subventionierung Car Sharing
	Infrastruktur	Ausdehnung Fußgängerzonen und Radwegenetze; Verlagerung der Kapazitäten des motorisierten Individualverkehrs (MIV) zum Radverkehr
	Ordnungsrechtliche Maßnahmen	Geschwindigkeitsbeschränkungen; Zugangsbeschränkungen
	Weiche Maßnahmen und Raumplanung	Mobilitätsmanagement; Informationssysteme; Stadtplanung (Stadt der kurzen Wege)
Maßnahme M2: "Modal Split" ÖPNV;	Preisliche Anreize	ÖV-Subventionen; Parkraumbewirtschaftung; City Maut
	Infrastruktur	ÖV-Investitionen; Attraktivitätssteigerungen Bahnhöfe; Park&Ride-Angebote
	Ordnungsrechtliche Maßnahmen	Geschwindigkeitsbeschränkungen; Zugangsbeschränkungen (Umweltzonen, Fußgängerzonen)
	Weiche Maßnahmen und Raumplanung	Mobilitätsmanagement; Informationssysteme/Labeling; Leitsysteme; Orientierung der Stadtplanung an ÖV
Maßnahme M3: Kürzere Pkw-Wege	Preisliche Anreize	Differenzierung Grundstückspreise mit Anreiz auf Verdichtung; Elemente des Mobility Pricing bzw. "ökologische Steuerreform"
	Infrastruktur	Umgestaltung städtischer Räume ("Stadt der kurzen Wege"); Attraktivitätssteigerung regionaler Ziele (weit jenseits reiner Verkehrsinfrastrukturen)
	Ordnungsrecht	Landnutzung, Ausweis von Gewerbeflächen
	Weiche Maßnahmen und Raumplanung	Stadtplanung ("Stadt der kurzen Wege"); Information zu Reise- und Freizeitangeboten in der Region
Maßnahme M4: Effizienzsteigerung im MIV	Preisliche Anreize	Differenzierte MIV-Steuer- und Gebührensysteme; Erhöhung Öko-Steuer; staatliche Förderung alternativer Antriebstechnologien
	Infrastruktur	-
	Ordnungsrechtliche Maßnahmen	Zugangsbeschränkung (Umweltzonen); Fahrzeugvorschriften/Verbot niedriger Euroklassen
	Weiche Maßnahmen und Raumplanung	„Awareness Raising“ und Anleitung für effiziente Fahrweise; Informationssysteme/Labeling
Maßnahme M5: "Modal Split" Bahn-Güterverkehr	Preisliche Anreize	Subventionen Bahninfrastruktur, Rollmaterial und Betrieb; Lkw-Maut inkl. externe Kosten
	Infrastruktur	Engpassbeseitigung Hafenhinterlandverkehr, ect.
	Ordnungsrechtliche Maßnahmen	Längere Züge, kürzere Blockabstände Bahn; strenge Kontrolle Sozialvorschriften Lkw
	Weiche Maßnahmen und Raumplanung	Labeling nachhaltiger Logistik, Revision BVWP.

Quelle: Eigene Darstellung

Die angemessene Dosierung dieser Instrumente, d. h. die Bestimmung zur Zielerreichung notwendiger Preis- oder Investitionsniveaus, wird über Annahmen zu notwendigen Investitionen mittels des ASTRA-D-Modells (s. Kapitel 4) bestimmt und zu Instrumentenbündeln zusammengesetzt.

### 3 Welche Effekte werden bewertet?

Ziel dieser Studie ist die ökonomische Bewertung von alternativen Mobilitätsketten auf der individuellen Ebene und von verkehrspolitischen Maßnahmen zur Minderung von Emissionen auf volkswirtschaftlicher Ebene. Die Analyse wird grob in drei Kostenkategorien gegliedert:

- Interne Kosten: Aufwendungen und Ausgaben der Verkehrsteilnehmer, welche in direktem Zusammenhang mit der Durchführung der Mobilität stehen und Dritte nicht oder nur unwesentlich betreffen.
- Externe Kosten beschreiben den monetären Gegenwert der Effekte, die dritten Parteien durch die Verkehrsteilnehmer verursacht werden.
- Ökonomische Kenngrößen umfassen die Höhe notwendiger Investitionen und Betriebsausgaben für die Umsetzung der Maßnahmen und beschreiben deren Wirkung auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung, welche hier durch die Größen "Bruttoinlandsprodukt (BIP)" und "Beschäftigung" beschrieben wird.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über den Einbezug oder Ausschluss von Kostenkategorien in den beiden Perspektiven und die dafür ausschlaggebenden Gründe. Die Aspekte der Kostenkategorien werden nach folgenden Grundsätzen bewertet.

Die maßnahmenbedingten **Investitionen in Fahrzeuge** und deren Betrieb werden als Lebenszykluskosten in die individuelle Perspektive einbezogen. **Infrastrukturinvestitionen** werden nur in der volkswirtschaftlichen Bewertung betrachtet. Dabei kommen zwei Mechanismen der Schätzung von Investitionskosten zur Anwendung:

- Direkte Schätzung von Investitionskosten. Je Maßnahme und Instrumentenmix werden spezifische Investitionsprogramme und deren Verlauf über die Zeit geschätzt. Während Investitionen durch die Verkehrswirtschaft auf Nutzerpreise umgelegt werden, gehen öffentliche Investitionen zu Lasten allgemeiner Steuern.
- Endogene Schätzung von Investitionskosten. Ändert sich die Verkehrsmenge eines Verkehrsträgers signifikant, müssen Neubau, Ersatz und Betrieb der Verkehrswege angepasst werden, wenn die Angebotsqualität unverändert bleiben soll. Dieser induzierte Investitionseffekt wird durch das ASTRA-D-Modell nachgebildet. Nicht berücksichtigt werden jedoch die Kosten des Rückbaus von Verkehrswegen im Falle eines deutlichen Rückgangs der Nachfrage auf einzelnen Abschnitten der Verkehrsnetze.

- Der **Betrieb der Fahrzeuge** verursacht Fixkosten für Abschreibung (Wertverlust), Steuern und Versicherung sowie variable Kosten für Kraftstoff, Betriebsstoffe (Öl) sowie rechnerische Werkstattkosten. Daten für die Bestimmung der Betriebskosten von Pkw werden dem Autokostenrechner des ADAC entnommen (ADAC 2012). Betriebskosten im Straßengüterverkehr sind über Statistiken und das Kompendium "Kosten-Information-System (KIS)" des Bundesverbandes Güterkraftverkehr, Logistik und Entsorgung (BGL e.V.2012) für unterschiedliche Lkw-Klassen verfügbar. Im ÖPNV und im Güterverkehr der Bahn werden Kosten für die Kunden nach Ticketpreisen bzw. Trassen- und Traktionsentgelten geschätzt. In die volkswirtschaftliche Analyse gehen Betriebskosten nur indirekt über deren Produktivitätswirkung ein, da Betriebskosten eines Marktteilnehmers Nutzen durch Einnahmen anderer Marktteilnehmer bedeuten.

Tabelle 2: Kostenelemente nach Perspektiven

Kostenkategorie	Individuelle Bewertung (2010)	Volkswirtschaftliche Bewertung (2010–2030)
<b>INTERNE (PRIVATE) KOSTEN</b>		
Private Ausgaben	Abschreibung, Instandhaltung, Kraftstoff, Tickets, Gebühren	<i>Saldo zwischen Marktteilnehmern</i>
Reisezeit	Bewertung nach Fahrzweck und Verkehrsmittel	Zusatzinformation; Bewertung nur auf Projektebene sinnvoll
Gesundheitseffekte	Wert der gewonnenen Lebenszeit über das normale Aktivitätsniveau hinaus	Konservative Abschätzung von Fitness und Bewegungshäufigkeit der Bevölkerung
<b>EXTERNE KOSTEN</b>		
Unfallfolgen (Verursacherprinzip)	Zusatzinformation nach Gebietstyp und Verkehrsträger *	Ermittlung nach Gebietstyp und Verkehrsträger
Umwelt-, Klima- und Lärmemissionen	Zusatzinformationen, Berechnung nach Gebietstyp und Fahrzeugtechnologie *	Ermittlung nach Fahrzeugtechnologie und Gebietstyp
<b>VOLKSWIRTSCHAFTLICHE INDIKATOREN</b>		
Öffentliche Verkehrsausgaben	<i>Keine Berücksichtigung</i>	Zusatzinformation: Investitionen, allgemeine Ausgaben für Netzunterhalt
Makroökonomische Indikatoren (BIP, Beschäftigung)	<i>Keine Berücksichtigung</i>	Zusatzinformation: Modellierung mittels ASTRA-D

\* Gegenstand gesamtwirtschaftlicher Bewertung im eigentlichen Sinn; Felder: weiß = berücksichtigt; grau = nicht berücksichtigt; schraffiert = Zusatzinformation.

Quelle: Eigene Darstellung

Die **Kosten der Reisezeit** werden im privaten Straßen- und Schienenverkehr in Anlehnung an die Bundesverkehrswegeplanung (BMVBS 2005) mit 3,83 Euro je Person und Stunde angesetzt, hierbei wird bereits ein Abschlag von 30 % für Zeitänderungen

unter 5 Minuten berücksichtigt. Im gewerblichen Verkehr wird ein Kostensatz von 19,74 Euro je Person und Stunde angesetzt. Im Güterverkehr werden die Werte der IMPACT-Studie der EU (Maibach et al. 2008) angewendet. Der dem Rad- und Fußverkehr durch die Nutzer zugesprochene Wert der Reisezeit ist in der Regel eng mit dem empfundenen Gesundheitsnutzen verbunden, weshalb zur Vermeidung von Doppelzählungen ein einheitlicher Zeitwert über alle Verkehrsträger angesetzt wird (Börjesson und Eliasson 2012, Wardman et al., 2007).

Aktuelle Studien weisen darauf hin, dass die gesellschaftlichen Nutzen aus dem regelmäßigen Radfahren über eine Dauer von 30 Minuten jährlich bis 4.000 Euro betragen können (vgl. Grundlagen in BMVBS, 2012, BMG 2011, Titze et al. 2010, Samitz et al. 2011, Martin, 2002). Zur Quantifizierung von **persönlichen Gesundheitseffekten bewegungsintensiver Mobilitätsarten** hat die WHO deshalb das "Health Economic Assessment Tool" (HEAT) bereitgestellt (WHO Europe 2012, Kahlmeier et al., 2011). Danach werden für Radfahren und Zu-Fuß-Gehen die verminderten Wahrscheinlichkeiten von vorzeitigen Todesfällen von Erwachsenen bzw. die gewonnenen Lebensjahre mit dem "Value of Statistical Life" von ca. 1,6 Mio. Euro bewertet. Dieser Ansatz wird in dieser Studie übernommen. In der *privatwirtschaftlichen* Bewertung zeigen die Ergebnisse ein Potenzial möglicher Gesundheitsnutzen auf, das fallweise nach Maßgabe persönlicher Lebensumstände zu korrigieren ist. Im Rahmen der *volkswirtschaftlichen* Bewertung wird ein durchschnittlicher Fitnessgrad der Bevölkerung und durchschnittliche wöchentliche Wegezeiten für Radfahrer und Fußgänger geschätzt, um zu einer Größenordnung der gesamten Gesundheitsnutzen zu gelangen.

Die **gesellschaftlichen Folgekosten von Verkehrsunfällen** beinhalten medizinische Versorgung, Verwaltung der Krankenkassen, Justiz, Polizei und den immateriellen Wert, den die Gesellschaft dem Erhalt von Leben und Gesundheit beimisst (statistischer Wert des menschlichen Lebens VSL). Im Falle der Verkehrssicherheit stellt sich das Problem, dass Risiken von Unfällen individuell sehr unterschiedlich wahrgenommen werden und in starkem Maße von persönlichen Fähigkeiten, Risikobereitschaft und Mobilitätsverhalten determiniert sind. Dementsprechend wird die Verkehrssicherheit aus der Perspektive der Unfallverursachung als Teil der externen Kosten betrachtet. Der VSL bildet dabei die zentrale Komponente der Unfallfolgekosten. Aus europäischen Studien hat sich ein Konsenswert für Deutschland von etwa 1,62 Mio. Euro je Todesopfer und 0,21 Mio. Euro je Schwerverletztem zum Preisstand 2010 gebildet (Essen et al. 2011).

Aus Unfallstatistiken lässt sich ableiten, dass das Risiko pro Personenkilometer, an tödlichen Unfällen beteiligt zu sein als Radfahrer in Städten, selbst bei optimistischen Annahmen zu deren Verkehrsleistung, etwa dreimal so hoch ist wie beim Pkw (Statisti-

ches Bundesamt 2011). Nach dem Nationalen Radverkehrsplan 2020 der Bundesregierung (BMVBS 2012) hat sich die Sicherheit im Radverkehr in den letzten Jahren deutlich unterproportional zum Rückgang der Unfallopfer im Verkehr insgesamt entwickelt. Auch das subjektive Empfinden der Sicherheit im Radverkehr hat sich in den letzten Jahren merklich verschlechtert (SINUS/ADFC 2012). Ein Grund für die hohen Unfallraten durch Radfahrer und Fußgänger liegt im mangelnden Ausbau der entsprechenden Fahrradinfrastrukturen sowie in der Nichteinhaltung der Pkw-Fahrer von Sicherheitsabständen auf Fahrbahnen (König 2006, Veisten et al., 2007). Aber: Internationale Vergleiche weisen darauf hin, dass aktive Mobilitätsformen mit einem steigenden Anteil am Verkehrsgeschehen deutlich sicherer werden, da sie von Pkw-Fahrern wesentlich besser wahrgenommen werden (Jacobsen 2003, UBA 2010).

Die Grundlagen zur Berechnung der **externen Kosten des Verkehrs** sind für Deutschland in der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes zusammengefasst (INFRAS/IER/ISI 2012). Zudem stehen auf europäischer Ebene mehrere Standardwerke zur Quantifizierung der externen Kosten von Luftverschmutzung, Klimawandel und Lärm je Fahrzeug-, Personen- oder Tonnenkilometer nach Verkehrssituation zur Verfügung. Die Umweltkosten des motorisierten Verkehrs werden durch die Emission von Kohlendioxid dominiert, welche für 2010 mit 80 Euro und 2030 mit 145 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> bewertet wird.

## 4 Wie werden die Wirkungen bestimmt?

Die Einschätzung der Auswirkungen einer alternativen Gestaltung der täglichen Mobilität ist komplex. Es müssen mittelfristige Kapitalbindung, variable Ausgaben und immaterielle Effekte auf das persönliche Zeitvolumen wie auch auf Gesundheit und Freiheitsgrade bei der Alltagsgestaltung gegeneinander abgewogen werden. Hinzu kommen Imagefragen sowie die Auswirkungen privater Entscheidungen für Gesellschaft und Umwelt.

Als Entscheidungshilfe für Verkehrsteilnehmer wurde im Rahmen der vorliegenden Studie das Bewertungstool **PExMo (Private und Externe Kosten der Mobilität)** entwickelt. PExMo gibt dem Nutzer die Möglichkeit, die unterschiedlichen Kostenaspekte auf bestimmte Fahrtsituationen hin zu analysieren und gegeneinander abzuwiegen. PExMo wird als Excel-Anwendung interessierten Nutzern zum Download zur Verfügung gestellt ([www.ntm.isi-projekt.de](http://www.ntm.isi-projekt.de)).

PExMo geht von den Kosten der Mobilität aus individueller Sicht aus. Entsprechend liegt das Hauptaugenmerk auf monetären und immateriellen Kosten der Mobilität, welche den Verkehrsteilnehmer selbst betreffen. Zusätzlich werden jedoch noch die wich-

tigsten Kategorien externer Kosten aufgenommen, um ökologisch motivierten Nutzern entsprechende Entscheidungsgrundlagen bereitzustellen. Insgesamt unterscheidet das PExMo-Tool acht Kostenkategorien, die in drei Bereiche gegliedert sind:

- direkte private Kosten: Fixe und variable Ausgaben für Fahrzeuge und Fahrkarten,
- indirekte private Kosten: Zeitkosten und Gesundheitsnutzen,
- externe Kosten: Luft, Klima, Lärm, Sicherheit.

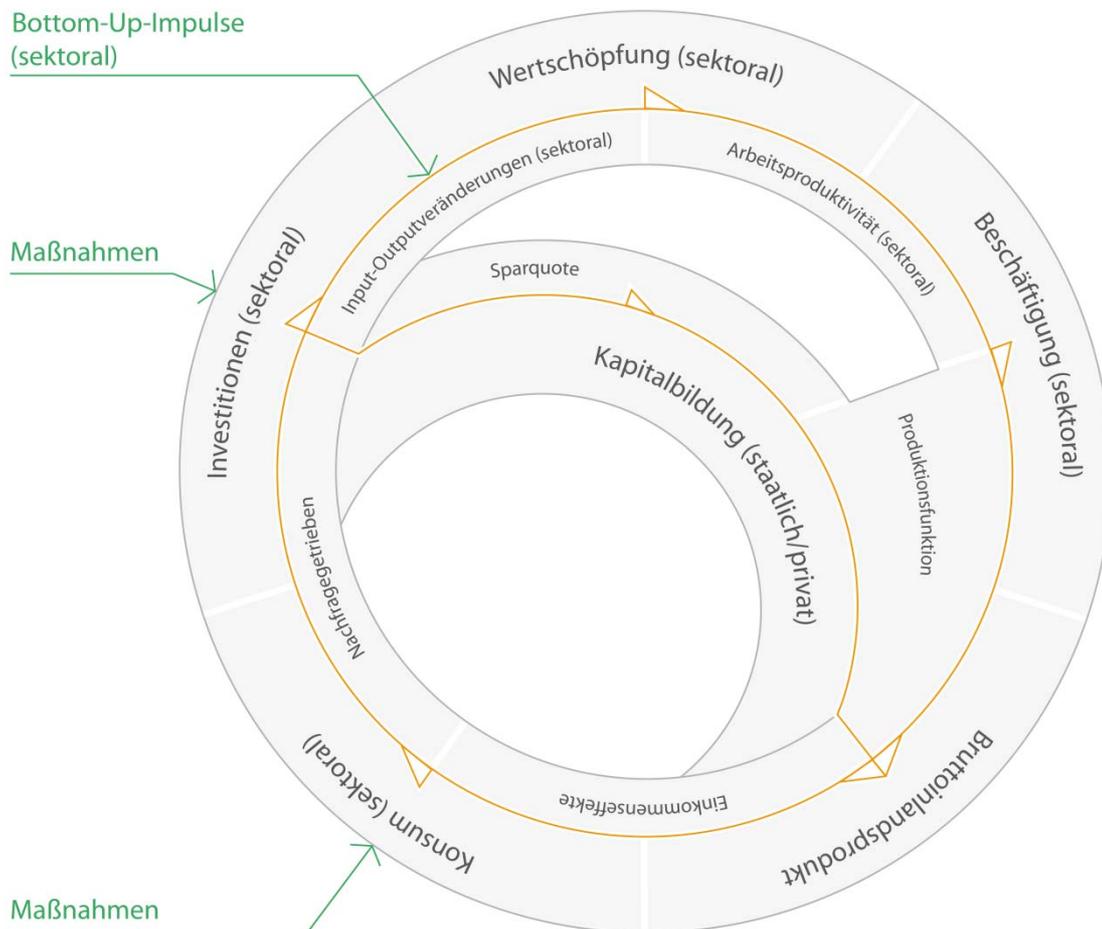
Ermittelt werden hieraus die jährlichen Kosten alternativer Varianten beim Zurücklegen bestimmter Wege. Die Varianten unterscheiden sich nach verwendeten Verkehrsmitteln, Zweck, Häufigkeit und Ortslage. Ferner ist zu berücksichtigen, in welchem Ausmaß der gewählte Weg fixe Kosten verursacht, z. B. durch die Anschaffung eines Pkw oder von Zeitkarten des öffentlichen Verkehrs.

Zur Bewertung der makroökonomischen Wirkungen der ausgewählten Maßnahmen wird das **ASTRA-D-Modell** verwendet. Dies ist eine Weiterentwicklung für Deutschland des europäischen ASTRA-Modells ("Assessment of Transport Strategies"), welches im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte zur Beurteilung von Transportstrategien entwickelt wurde (Schade 2005). Für die deutsche Version wurde der Analysegrad wesentlich verfeinert; es findet eine Aufteilung der Sektoren anhand der Wirtschaftszweigklassifikation 2003 des statistischen Bundesamtes Anwendung. Der Zeitraum der Kalibration umfasst dabei die Jahre 1995 bis 2008.

Mittels der Verwendung von Input-Output-Tabellen ist die Integration von "Bottom-up"-Impulsen zur sektorfeinen Bewertung von Politikmaßnahmen inklusive etwaiger Zweit-rundeneffekte möglich. ASTRA-D beschränkt sich dabei nicht ausschließlich auf einen Zweig der makroökonomischen Theorie, sondern verbindet Elemente wie die neoklassische Produktionsfunktion zur Modellierung wirtschaftlichen Wachstums mit keynesianischen Nachfrageimpulsen. Ein wesentliches Charakteristikum ist dabei die Möglichkeit, Ungleichgewichte zwischen Angebot und Nachfrage entstehen zu lassen. Damit ist ASTRA-D kein Optimierungsmodell.

Abbildung 1 verdeutlicht auf sehr vereinfachter Ebene, wie die wesentlichen makroökonomischen Zusammenhänge modelliert sind. In ASTRA-D ist eine zeitliche Staffe-lung der Politikmaßnahmen durch die jahresfeinen Berechnungsschritte möglich. Damit können politische Instrumente hinsichtlich ihrer Intensität flexibel gestaltet werden und etwaige Unterschiede bedingt beispielsweise durch unterschiedliche Investitionspfade sichtbar gemacht werden.

Abbildung 1: Makroökonomische Modellierlogik in ASTRA-D



Quelle: Hartwig et al. (2012)

## 5 Was bedeutet mehr aktive Mobilität für die Verkehrsteilnehmer?

Wie hoch sind die gesamten Kosten einzelner Mobilitätsstile aus individueller Sicht? Die Antwort hängt insbesondere von drei Faktoren ab: Von der Art des Wegs selbst (Fahrtzweck, Distanz), von der Wahl des Verkehrsmittels (ÖV, Pkw, Rad- oder Fußverkehr) und vom effizienten Einsatz des entsprechenden Verkehrsmittels (vor allem beim Pkw: Größe, Antriebsart und Auslastung). Die folgende Abbildung zeigt die Variation der Kosten für ausgewählte Mobilitätsalternativen. Hierfür werden verschiedene Pkw-Typen, Besetzungsgrade, Ortslagen und Verkehrsmittel nebeneinander gestellt. Diese und andere Einflussgrößen können im Prinzip durch die Anpassung der Eingabewerte und Parameter des PEXMo-Tools dargestellt werden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt:

- Generell spielen die **privaten Kosten** eine wichtige Rolle beim Gebrauch eines Pkw oder des öffentlichen Verkehrs. Je länger die Distanz, desto größer ist auch der Einfluss der Zeitkosten. Interessant ist das große Gesundheitspotenzial der Nutzung von Rad- und Fußverkehr. In den Berechnungen ist es dargestellt als entgangener Nutzen, sofern eine Strecke nicht vollständig zu Fuß zurückgelegt wird. Eher geringer ist der Anteil der berechenbaren Unfall- und Umweltkosten. Letztere spielen vor allem in der gesamtwirtschaftlichen Analyse eine bedeutendere Rolle.
- Der **Fahrzweck** entscheidet über Distanzen, Frequenz und Zeitbewertung der Nutzer. Grundsätzlich ist der ÖPNV auf mittleren bis längeren Distanzen, auf denen die Pkw-Besetzungsgrade vergleichsweise gering sind, gegenüber dem motorisierten Individualverkehr (MIV) konkurrenzfähig. Für kurze Wege stellen Radfahren und Zu-Fuß-Gehen hingegen unter Berücksichtigung aller Kostenkategorien die günstigsten Varianten dar.
- Die Variationen der jährlichen Gesamtkosten für den Nutzer werden in starkem Maße von der **Größenklasse** des verwendeten Pkw bestimmt. Dies ist insbesondere beim Übergang von der Kompakt- zur Oberklasse beim Pendlerweg und der Geschäftsreise sichtbar. Hier steigen die privaten Ausgaben um mehr als 100 %, während beim Übergang zu Kleinwagen nahezu eine Halbierung möglich ist.
- Die privaten Ausgaben für den ÖPNV sind dann wesentlich niedriger als Fahrten mit dem MIV, wenn Pkw mit nur einer Person besetzt sind. Bei höheren **Besetzungsgraden** unterscheiden sich in den gewählten Beispielen die Ausgaben beider Alternativen nur geringfügig. Es bleibt jedoch unberücksichtigt, dass ähnliche Reduktionen über Gruppenfahrkarten auch im ÖPNV und bei der Bahn möglich sind.
- Die Kosten des motorisierten Verkehrs, MIV und ÖPNV werden entscheidend durch die **Qualität der angebotenen Verbindung** bestimmt. 50 % längere Fahrzeiten auf der Pendlerstrecke bedeuten knapp 1.000 Euro zusätzliche persönliche Kosten jährlich, was im gewählten Beispiel die Gesamtkosten des MIV um 14 % erhöht. Beim ÖPNV bedeuten 50 % längere Fahrzeiten 22 % höhere jährliche Kosten, womit der ÖPNV gegenüber Störungen sensibler ist als der MIV.
- Die **Ortslage** des betrachteten Weges hat einen entscheidenden Einfluss sowohl auf die Fahrzeitkosten als auch auf die Umweltbilanz. Außerortsstraßen sind in der Regel schneller befahrbar als Stadtstraßen, und die dünnere Bebauung mindert die Schäden durch Lärm und Luftschadstoffe. Insgesamt sind die Auswirkungen auf die jährlichen Kosten je Person ähnlich ausgeprägt wie bei der Erhöhung der Pkw-Besetzungsgrade.
- Der Übergang von Fahrzeugen der **Schadstoffklasse** Euro 3 zu Euro 5 bewirkt nur eine minimale Reduktion der externen Kosten der Umweltbelastung. Grund hierfür ist zum einen, dass Euro-3-Fahrzeuge bereits relativ sauber sind und somit der überwiegende Anteil der externen Kosten auf Treibhausgas- und Lärmemissionen entfällt. Deren Wirkung nimmt jedoch mit höheren Schadstoffklassen nicht zwangsläufig ab. Hieraus ist zu folgern, dass die Verwendung kleinerer Fahrzeuge und

strikte CO<sub>2</sub>-Grenzwerte einen wesentlich größeren Beitrag zur Nachhaltigkeit des Verkehrs leisten als die bloße Modernisierung der Flotte.

- **Sicherheit und Geschwindigkeit** spielen die zentrale Rolle bei der Bewertung des Radverkehrs. Bei den vorhandenen Fahrrad-Infrastrukturen stehen beide Ziele jedoch im Konflikt zueinander. Die Beispielrechnungen zeigen, dass auf der Pendlerstrecke das Fahrrad durch längere Fahrzeiten und höhere externe Unfallkosten nur bedingt konkurrenzfähig gegenüber dem Pkw ist. Die privatwirtschaftliche Rentabilität des Radverkehrs ließe sich durch komfortable, sichere und schnelle Radverkehrsnetze soweit erhöhen, dass Radfahren auch auf diesen Distanzen dem motorisierten Individualverkehr überlegen ist.

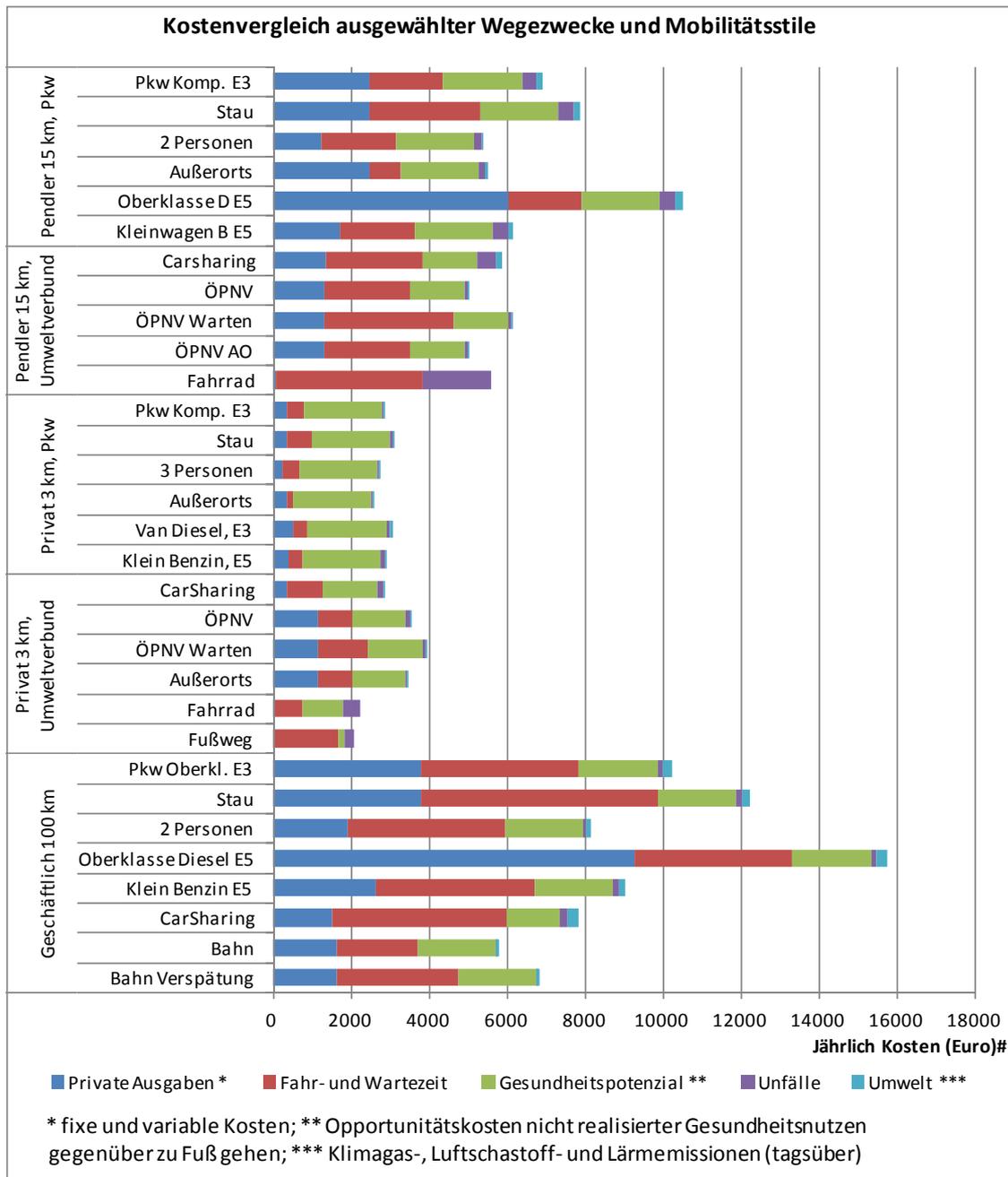
Daneben wirken sich **weitere Faktoren** auf die Kosten aus. Eine zentrale Rolle kommt dem Wohnort zu. Je städtischer die Umgebung, desto besser das Angebot im ÖPNV, desto wichtiger sind auch kurze Wege. Die Potenziale für den Radverkehr werden auch durch Faktoren wie Topografie der Strecke oder den persönlichen Fitnessgrad beeinflusst. Daneben steigt mit zunehmendem Einkommen die Bewertung der Fahrzeit gegenüber monetären Kosten. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Haushaltsform. Familienhaushalte sind aufgrund der privaten Kosten grundsätzlich stärker auf den Pkw ausgerichtet als Einzelpersonen und benutzen auch eher größere Fahrzeuge. Hier können auch "Car-Sharing"-Angebote die verschiedenen Ansprüche befriedigen.

Aus diesen Berechnungen lassen sich eine Reihe von Schlüssen für die privatwirtschaftlichen und externen Kosten der vier betrachteten Maßnahmen im Personenverkehr ziehen:

- M1: Eine Erhöhung des Anteils von Rad- und Fußverkehr senkt vor allem die privaten Ausgaben und die Umweltkosten und erhöht das Gesundheitspotenzial. Dadurch lassen sich Krankheitskosten für das Gesundheitssystem und die Wirtschaft reduzieren und gesunde Lebenszeit gewinnen, wobei nur die Lebenszeiteffekte aus individueller Sicht bewertet werden. Der Nutzen einer verlängerten gesunden Lebenszeit kann für untrainierte Menschen in Deutschland jährlich mit bis zu 2.000 Euro bewertet werden. Demgegenüber können aktive Mobilitätsformen je nach Verkehrsmittel, Route, Qualität der Infrastruktur und Tageszeit höhere Fahr- und Wartezeiten sowie höhere Unfallrisiken mit sich bringen. Zwei typische Beispielwege machen deutlich, dass sich inklusive der eingesparten Umweltbelastung durch den Pkw die jährliche Gesamtbelastung für Berufspendeln (15 km) und Einkaufswege (3 km) per Rad um 1/3 oder bis 1.000 Euro jährlich senken lassen.
- M2: Eine Erhöhung des Anteils des öffentlichen Verkehrs senkt die privaten Ausgaben und die externen Kosten vor allem im städtischen Pendler- und Langdistanzverkehr. Dem stehen – je nach Qualität der Transportkette – höhere Fahrtzeitkosten gegenüber. Die Kosten eines Kompakt-Pkw können bis zu 5.000 Euro pro Jahr erreichen, wovon etwa 1.800 Euro pro Jahr oder 12 Cent je Kilometer direkt auf die Fahrzeugnutzung entfällt. Demgegenüber ist ÖPNV günstig. Jahreskarten kosten im

Schnitt ca. 700 Euro. ÖPNV kann langsamer sein. Mit etwa 30 bis 40 km/h liegen die Fahrgeschwindigkeiten von Pkw und ÖPNV in Städten recht nah zusammen. Beide Verkehrsträger haben Zu- und Abgangszeiten, jedoch sind Fahrten mit dem ÖPNV oft mit zeitintensiven Umsteigevorgängen verbunden. Auf der anderen Seite ist das Staurisiko beim Pkw deutlich größer.

Abbildung 2: Gesamte privatwirtschaftliche und externe Kosten für ausgewählte Mobilitätsalternativen



Quelle: Eigene Darstellung

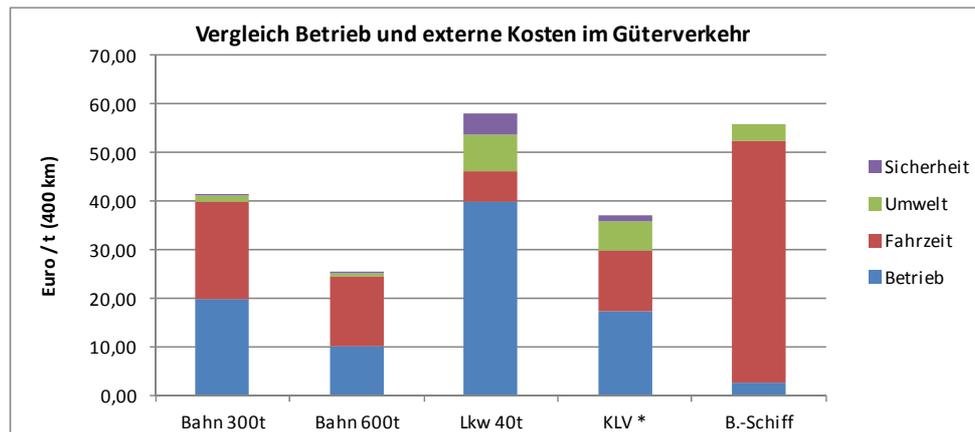
- M3: Eine Verkürzung der Wegelängen im Pkw-Verkehr senkt die variablen Mobilitätskosten für den Verkehrsteilnehmer und die von ihm verursachten externen Kosten für Umwelt und Verkehrssicherheit. Eine entsprechende Verhaltensänderung bedingt jedoch in den meisten Fällen eine Änderung des persönlichen Lebensstils und der damit verbundenen Routinen. Diese Neuorientierung kann bis zur Verlagerung des Wohnorts oder der Arbeitsstätte gehen.
- M4: Durch kleinere Pkw und deren effizientere Nutzung lassen sich sowohl die privaten Fahrzeugvorhalte- und Betriebskosten wie auch die externen Kosten des motorisierten Verkehrs je Fahrt deutlich senken. So ergeben sich beträchtliche Unterschiede zwischen verschiedenen Größenklassen der Pkw. Je nach Fahrzeugtyp lassen sich durch kleinere Fahrzeuge jährlich 3.000 bis 9.000 Euro an privaten Kosten sparen. Während Kleinwagen einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 103 g/km (Diesel) bzw. 124 g/km (Benzin) aufweisen, erreichen Fahrzeuge der Oberklasse 180 g/km (Diesel) bis 270 g/km (Benzin).

Durch die Verlagerung des Güterverkehrs auf die Bahn (Maßnahme M5) lassen sich im Idealfall Betriebskosten und Umwelt- sowie Sicherheitskosten reduzieren; die Wirkung hängt jedoch in starkem Maße von der Angebotsqualität und der Auslastung der Züge im Schienengüterverkehr ab. Möglichen Einsparungen stehen jedoch in der Regel höhere Zeitkosten gegenüber. Entsprechend setzen Instrumente zur Verlagerung des Bahngüterverkehrs an den Größen Transportkosten, Auslastung und Fahrzeit an. Exemplarisch stellen sich diese für einen Transport über 400 km wie folgt dar:

- Betriebskosten: Der Betrieb eines Güterzuges verursacht Kosten von durchschnittlich 12 Euro/km für Trassenentgelte und 3 Euro/km (Kienzler und Doll, 2011) für Traktion und Energie. Für eine Auslastung von 300 t/Zug sind dies 20 Euro/t. Mit einer Maut von 15 Ct/km, Betriebskosten von einem Euro/km und einer Auslastung von 11,5t/Lkw belaufen sich die Betriebskosten im Straßengüterfernverkehr für 400 km auf 40 Euro/t.
- Auslastung: Bei einer Verdopplung der Auslastung von Güterzügen auf 600 t reduzieren sich die Transportkosten um 50 % auf 10 Euro/t. Die Kostenreduktion geht im Wesentlichen auf die effizientere Nutzung der Schieneninfrastruktur und effizientere Zugbildungsprozesse zurück; steigende Kosten für Traktionsenergie und Gleisabnutzung können in erster Näherung vernachlässigt werden.
- Fahrzeit: Durch Umschlags- und Rangierzeiten sind Transporte auf der Schiene deutlich langsamer als auf der Straße. Jedoch kann die Verlässlichkeit im Lkw-Verkehr durch Staus und Baustellen geringer sein als im Bahnverkehr. Eine Beschleunigung des Bahngüterverkehrs durch mehr direkte Verbindungen und weniger Rangiervorgänge könnte zudem den Zeitnachteil der Schiene teilweise ausgleichen.

Je länger der Streckenanteil der Schiene, desto größer fallen die Verlagerungspotenziale aus. Die folgende Abbildung vergleicht die privatwirtschaftlichen und externen Kosten im Güterverkehr für Bahn und Straße für das gewählte Beispiel.

Abbildung 3: Privatwirtschaftliche und externe Kosten im Güterverkehr für Bahn und Straße



\* Kombiniertes Ladungsverkehr (Kombiverkehr)

Quelle: Eigene Darstellung

## 6 Was bedeutet mehr aktive Mobilität für die Gesellschaft?

Tabelle 3 stellt die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen der Maßnahmen dar. Die Ergebnisse wurden mit dem systemdynamischen Verkehrs- und Wirtschaftsmodell ASTRA-D unter Berücksichtigung exemplarischer Implementierungspfade für die fünf ausgewählten Maßnahmen zur Emissionsminderung ermittelt.

**Auswirkungen auf BIP, Beschäftigung und Investitionen:** Die verschiedenen Maßnahmen zur Anpassung der Mobilitätsformen wirken sich direkt und indirekt auf die Gesamtwirtschaft aus. Einen großen Einfluss auf Wachstum und Beschäftigung haben dabei die direkten Nachfrageeffekte und die notwendigen Investitionen in Infrastruktur und Fahrzeuge. Tabelle 3 zeigt die mit dem ASTRA-D-Modell berechneten Effekte auf. Die negativen Vorzeichen der Investitionskosten in einigen Szenarien beruhen auf sinkenden Investitionen in den Straßenbau und die Fahrzeugindustrie durch Nachfrageverlagerungen auf andere Verkehrsträger.

Der Effekt der meisten Maßnahmen auf die Gesamtwirtschaft stellt sich positiv dar. Eine Ausnahme bildet die Maßnahme M4 (Effizienzsteigerung des Pkw-Verkehrs). Der Umstieg vom Pkw auf alternative Mobilitätsformen könnte dämpfende Effekte auf die Automobilindustrie haben. Das gesamtwirtschaftliche Ausmaß der veränderten Wert-

schöpfung hängt jedoch davon ab, inwieweit Investitionen zur Förderung alternativer Mobilitätsformen möglich und notwendig sind.

Tabelle 3: Vergleich der volkswirtschaftlichen Wirkungen aller Maßnahmen

Variable	Jahr	M1	M2	M3	M4	M5
<b>BIP</b>	<b>2020</b>	<b>+0,19%</b>	<b>+0,24%</b>	<b>+0,35%</b>	<b>-0,02%</b>	<b>+0,02%</b>
	2030	+1,11%	+1,56%	+2,23%	-0,18%	+0,02%
Beschäftigung	2020	+0,14%	+0,21%	+0,35%	-0,02%	+0,04%
	2030	+1,37%	+1,76%	+2,49%	-0,16%	-0,08%
Beschäftigung Verkehr	2020	+3,34%	+4,10%	+3,88%	-0,34%	+0,25%
	2030	+4,14%	+5,29%	+11,74%	-0,38%	+0,60%
Investitionen	2020	+1,67%	+2,31%	+3,33%	-0,24%	+0,16%
	2030	+5,45%	+7,03%	+9,09%	-0,99%	-0,13%
Investitionen Verkehr	2020	+3,38%	+5,17%	+16,32%	-0,13%	+0,45%
	2030	+2,65%	+5,27%	+25,09%	-0,18%	-3,96%
Investitionen Verkehrsinfrastruktur	2020	+3,38%	+5,60%	+22,55%	-0,06%	+0,64%
	2030	+3,67%	+7,48%	+37,27%	-0,19%	-9,55%

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage des ASTRA-D-Modells

Das BIP entwickelt sich bei allen Maßnahmen bis 2020 moderat und mit demselben Vorzeichen wie der Investitionsimpuls. Die in dieser Studie untersuchten Maßnahmen betrachten im Wesentlichen Investitionen in den Bausektor durch den Ausbau alternativer Verkehrsträger wie Radwege, ÖPNV, Bahn, Stadtumgestaltung oder den Aufbau und Betrieb von Mautsystemen; hierdurch werden allerdings keine nennenswerten Wachstumsimpulse für die übrigen volkswirtschaftlichen Sektoren geschaffen. Eine Ausnahme stellt Maßnahme M2 mit Investitionen in die ÖPNV-Fahrzeugindustrie dar. Diese erzielen jedoch, da sie nur auf einen relativ kleinen Industriezweig wirken und durch Verringerung der Pkw-Nachfrage im selben Sektor teilweise kompensiert werden, ebenfalls keine nennenswerten Produktivitätswirkungen. Ein gesamtwirtschaftlich stimulierender Faktor ergibt sich durch die Veränderung der Konsumstruktur. Verkehrskonsum wird von Konsum im MIV, der insbesondere durch Besteuerung der Kraftstoffe einen hohen Steueranteil aufweist, umgeschichtet auf Konsum von Verkehrsdienstleistungen oder sogar nicht-motorisierten Verkehr. Es wird unterstellt, dass dadurch eine Konsumverlagerung in andere Sektoren stattfindet.

Die Schätzungen von zusätzlichen Investitionskosten in die Verkehrsinfrastruktur bewegen sich zwischen einer Mrd. Euro jährlich für Radwege und Fußgängerzonen, zwei Mrd. Euro für den Ausbau der ÖPNV-Systeme und 10 Mrd. Euro für die Schaffung von Anreizen zur Regionalisierung der Fahrziele im Personenverkehr. Die letztgenannte Maßnahme geht weit über den Verkehrsbereich hinaus, da hier stadt- und regionalplanerische Umgestaltungen in größerem Umfang unterstellt werden. Je nach Maßnahme fällt dieser Investitionsimpuls unterschiedlich hoch aus.

Die Beschäftigung entwickelt sich in fast allen Maßnahmen positiv. Induziert durch den positiven Investitionssaldo der untersuchten Maßnahmen und das Wachstum des BIP steigt auch die Beschäftigung gegenüber dem zugrunde gelegten Basisszenario leicht an. Für das Jahr 2030 sind dies über alle Branchen 1,4 % bis 2,5 % mehr Arbeitsplätze in den Maßnahmen M1, M2 und M3. Für den Sektor Transport und Verkehr, der die zusätzlich nachgefragten Verkehrsdienstleistungen bereitstellt, sind die Zuwächse etwa vier- bis fünfmal so hoch.

**Kosten-Nutzen-Betrachtung:** Auf Basis der gesamtwirtschaftlichen Bewertung können auch die Veränderungen von Nutzen für Deutschland im Analysezeitraum 2010 - 2030 ermittelt werden. Berechenbar sind die Nutzen im Bereich Gesundheit, Sicherheit (reduzierte Unfallfolgekosten) und Umweltkosten (v. a. Klima, Luftschadstoffe, Lärm). Tabelle 4 zeigt die Resultate für die fünf untersuchten Maßnahmen.

Am deutlichsten ist der Zusatznutzen im Bereich Gesundheit. Interessanterweise stellt sich der größte Gesundheitsnutzen durch aktive Bewegung nicht für Maßnahme 1, sondern für Maßnahme 2 ein. Durch die Förderung des ÖPNV wird weit mehr nichtmotorisierter Verkehr generiert als durch die ausschließliche Konzentration von Fördermaßnahmen auf den Fuß- und Radverkehr selbst. Dies lässt sich durch zwei Aspekte erklären: Zum einen sind die gewählten Förderinstrumente, insbesondere die Einrichtung von City-Mauten, in beiden Maßnahmen identisch. Zum anderen wird mit dem Ausbau des ÖPNV eine echte Alternative zum Pkw geschaffen, die den kompletten Verzicht auf das eigene Fahrzeug erst möglich macht.

Wie bereits ausgeführt stellt die Verkehrssicherheit im Rad- und Fußverkehr ein ernst zu nehmendes Problem von mehr aktiver Mobilität in Städten dar. Trotz unterstellter enormer Verbesserungen der Sicherheit im Radverkehr bis 2030 in Maßnahme M1 ergibt sich der größte Nutzen unter den Maßnahmen nicht für den Übergang zu aktiven Mobilitätsformen sondern für die Verkürzung von Pkw-Wegen (M3). Dies kann damit erklärt werden, dass Maßnahme 3 als einzige Maßnahme Verkehrsaufkommen absolut vermindert, ohne dass dies bei anderen Verkehrsträgern wieder zu Buche schlägt. Aus diesem Grund schneidet auch Maßnahme M3 im Personenverkehr am günstigsten bei

der Reduktion der Umwelteffekte ab. Die Abnahme der Pkw-Wegelängen um 10 % bringt eine weit überproportionale Senkung der Verkehrsleistung im motorisierten Personenverkehr von 38 % mit sich, da durch die näheren Ziele viele Wege jetzt mit Rad oder zu Fuß durchgeführt werden können. Zudem fördern die gewählten Instrumente eher eine Verlagerung zu Bahn und ÖPNV sowie einen Rückgang der mit motorisierten Verkehrsmitteln zurückgelegten Wege insgesamt. Durch diese sekundären Effekte sinken Luftschadstoff- und CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 29 % (CO) bis 36 % (CO<sub>2</sub>).

Tabelle 4: Nutzen vermiedener gesellschaftlicher Folgekosten der Maßnahmen

Nutzen-Kategorie	M1	M2	M3	M4	M5
Barwert 2010 * (Mrd. Euro)	Fuß- und Rad	ÖPNV	Kürzere Wege	Effiziente Pkw	Modal Split GV
Nutzen Gesundheit	11,53	18,67	12,60	17,40	0,00
Nutzen Sicherheit	0,64	0,40	6,93	-0,01	0,11
Nutzen Umwelt & Lärm	0,49	0,27	3,06	-2,28	3,46
Summe	12,66	19,34	22,59	15,11	3,57

\* Netto-Barwert 2020 und 2030; Graue Felder = beste Maßnahme der jeweiligen Kategorie.  
Quelle: Fraunhofer ISI

Diesen Nutzenbetrachtungen stehen zwei Kostenelemente gegenüber:

- Die direkten Investitionen der öffentlichen Hand in die Verkehrssysteme und Siedlungsräume liegen zwischen 1 und 3 Mrd. Euro pro Jahr und sind deutlich geringer als die ausgewiesenen Nutzen. Erheblich größer (11 Mrd. Euro) sind sie bei Maßnahme M3 (Verkürzung Pkw-Wege). Hier wird unterstellt, dass für die Steigerung der Attraktivität von Städten und Regionen etwa zehnmal so hohe Investitionsmittel erforderlich sind wie für die Umgestaltung der Verkehrssysteme der Maßnahmen M1, M2 und M5. Praktisch keine Investitionen sind für Maßnahme M4 notwendig. Zu beachten ist, dass diese Investitionen wiederum – wie in der obigen Analyse gezeigt – Wachstums- und Beschäftigungsimpulse auslösen können.
- In der volkswirtschaftlichen Bewertung führt die Veränderung der Mobilitätsformen durch die untersuchten Maßnahmen mehrheitlich zu zeitlichen Einbußen. Hochgerechnet liegen diese in der Größenordnung von 50 bis 60 Mrd. Euro bei den Maßnahmen M1 bis M3 und sind damit höher als die erzeugten monetarisierbaren Nutzen. Die Zeitverluste sind bei der Nutzung von effizienteren Pkw (M4) mit 29 Mrd. Euro deutlich geringer und bei der Maßnahme 5 (Verlagerung im Güterverkehr) praktisch nicht relevant. Die gesamtwirtschaftliche Bewertung von Fahrzeitänderungen über einen langen Zeitraum ist jedoch umstritten, da sich die Verkehrsteilnehmer an die geänderten Gegebenheiten anpassen werden. Im hier betrachteten Zeitraum bis 2030 kann ferner der Aspekt der Transportqualität z. B. im ÖPNV nicht ignoriert werden, was die Möglichkeiten zur alternativen Zeitgestaltung während der Reisekette (Lesen, Arbeiten, Kommunizieren) deutlich erhöhen könnte. Eine Bewer-

tung der resultierenden Zeitbudgets über alle Aktivitäten der Verkehrsnutzer ist im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Zur Vermeidung von Doppelzählungen wird die Zeitbewertung in Tabelle 4 nicht aufgeführt.

- Direkte Betriebskosten der Verkehrsmittel werden zwar berücksichtigt, werden jedoch im volkswirtschaftlichen Kontext mit den entsprechenden Einnahmen anderer Marktteilnehmer verrechnet.
- Die Aufenthaltsqualität öffentlicher Räume ist neben der Gestaltung von Verkehrsräumen ein Hauptargument für die Umgestaltung von Innenstädten. Die damit verbundenen Nutzen wurden im Rahmen der vorliegenden Studie jedoch nicht bewertet.

## **7 Welche Wege zur Umsetzung der Maßnahmen stehen zur Verfügung?**

In der verkehrspolitischen Praxis werden in der Regel Kombinationen von verschiedenen Maßnahmen und Instrumenten postuliert. Damit können Synergien erzeugt (Steigerung der Effektivität und Effizienz, erhöhte Kapazität, Sicherung der Finanzierung) und vor allem die Akzeptanz gesteigert werden.

Im Bereich der nichttechnischen Umweltmaßnahmen stehen folgende Instrumentenkombinationen im Vordergrund:

- "Push-&-Pull" und "Modal Split": Eine Verlagerungsstrategie setzt an zwei Punkten an: Eine Verbesserung der Rahmenbedingungen für den öffentlichen Verkehr oder nichtmotorisierten Fuß- und Radverkehr und Anreize für weniger Fahrten mit dem motorisierten Individualverkehr. Diese Stoßrichtung eignet sich sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr Straße-Schiene.
- Finanzierung und Lenkung: Mit preislichen Instrumenten können Anreize für eine Lenkungswirkung erzeugt werden und gleichzeitig zweckdienliche Investitionen finanziert werden. In der Regel gibt es einen engen Bezug zur "Push-&-Pull-" bzw. "Modal-Split"-Strategie.
- Abstimmung Verkehr und Siedlung: Diese Strategie ist eher längerfristig ausgerichtet und kombiniert raumplanerische Instrumente mit der Verkehrsplanung und Infrastrukturpolitik. Im Zentrum steht die Verhinderung der Zersiedelung bzw. die Förderung der Verdichtung nach innen und der kurzen Wege.

Die praktischen Erfahrungen lassen vor allem drei Folgerungen zu:

- Im Vordergrund stehen "Push-&-Pull"-Ansätze in der Kombination mit Finanzierung und Lenkung sowie der Umverteilung von Kapazitäten zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln im Rahmen einer "Modal-Split"-Strategie.

- Die Effektivität und Effizienz wird vor allem durch die Preisinstrumente geprägt ("Push"). Die "Modal-Split"-Instrumente (Verbesserung der Kapazitäten ÖV und Fuß- und Radverkehr) weisen demgegenüber jedoch eine deutlich höhere Akzeptanz auf und sind notwendige Voraussetzungen für autonome Verhaltensänderungen (Stärkung der Eigenanreize) und für die beabsichtigte Veränderung des "Modal Splits".
- Insgesamt können deshalb durchaus "Trade-offs" entstehen bezüglich Kosten-Wirksamkeit, Sicherstellung von Mobilitätszielen und Akzeptanz. Eine simple Verteuerung des motorisierten Individualverkehrs ohne sichtbare Alternative (wie einen Ausbau des ÖV oder der Fuß- und Radverkehrswege) ist zwar (zumindest theoretisch) deutlich kostenwirksamer als ein Infrastrukturausbau. Gleichzeitig werden aber auch die Mobilitätspotenziale verringert, was zu wirtschaftlichen Einbußen (Rückgang der Wertschöpfung aus dem Verkehr) und Nutzenverlusten bei den privaten Haushalten führen kann.

Für die einzelnen Maßnahmen können daraus die folgenden Erkenntnisse für die Umsetzung von einzelnen Instrumenten abgeleitet werden:

- M1: Die Kombination eines marktwirtschaftlichen Instruments (kurzfristig Parkplatzgebühren, längerfristig City-Maut) als Finanzierungsinstrument für den Ausbau und die Verkehrsberuhigung von Infrastrukturen für den Fuß- und Radverkehr, verbunden mit einer städtebaulich integrierten Reduktion von MIV-Kapazitäten zugunsten des Radverkehrs (Parkraumbewirtschaftung und Umverteilung der Kapazitäten für attraktive Radwegnetze) bildet die Basis für diese Maßnahme. Autonome Verhaltensänderungen werden insbesondere durch die preislichen Anreize und das Mobilitätsmanagement in Form von effizienterer Nutzung des Pkw unterstützt. Weitere autonome Verhaltensänderungen (etwa Verzicht auf Auto, vermehrte Nutzung von "Car Sharing" und ÖV, vermehrte Arbeits- und Freizeitwege mit dem Rad) können unterstützt werden mit weiteren Maßnahmen wie Informationskampagnen, Förderung von autofreien Siedlungen, individuelle Dienstleistungen für Mobilität (inkl. ÖV) und spezifische Neubürgerpakete für zugezogene Einwohner einer Stadt oder Region.
- M2: Die Kombination eines preislichen Instruments (Parkraumgebühren, längerfristig City-Maut) als Finanzierungsinstrument für den Ausbau des ÖPNV verbunden mit einer Kapazitätsumverteilung (Reduktion MIV zugunsten ÖPNV) und Bevorzugung des ÖPNV an Kreuzungen und Lichtsignalanlagen stellt die Basis für diese Maßnahme dar. Die Attraktivitätssteigerung umfasst auch den Zugang und die Ausstattung der Haltestellen und das Tarifsystem. Bezüglich des Tarifsystems ergeben sich auch Potenziale für Kombinationen der Bepreisung von Straße und ÖPNV, indem beispielsweise City-Maut-Abgaben zur Berechtigung von vergünstigten ÖPNV-Tickets verwendet werden. Entscheidend ist die mittelfristige Ausstattung der Mobilitätswerkzeuge (Autobesitz, Zugang zu "Car Sharing", ÖV-Ticket). Im Zentrum stehen Kampagnen für den Umweltverbund und die Förderung von autofreien Siedlungen.

gen kombiniert mit individueller Mobilitätsberatung und -management (z. B. auch Schnupper-Gratis-Abos für Neubürger und Familienangebote).

- M3: Die Instrumente zur Steigerung der Attraktivität und Erreichbarkeit des Nahbereichs umfassen die Abschaffung von Pendlerpauschalen und die Einführung von vergünstigten Mobilitätswerkzeugen für den Nahbereich (kombiniertes "Mobility Pricing" wie Pkw-Maut oder ökologische Steuerreform und Vergünstigungen im Umweltverbund). Größere Potenziale könnten sich bei Kombinationen von Pkw-Maut und autonomen Verhaltensänderungen, Verkehrsmittelnutzung und Auslastung ergeben, indem differenzierte Tarife für unterschiedliche Tageszeiten und räumliche Einheiten (z. B. höhere Preise zu Spitzenzeiten oder in Agglomerationsräumen) erhoben werden.
- M4: Ein mögliches Instrumentenpaket zur Förderung verbrauchsarmer Pkw besteht aus Flottengrenzwerten und finanziellen Anreizen über verbrauchsdifferenzierte Kfz-Steuern. Um diese wirksam zu gestalten, ist allerdings eine deutliche Progression der Steuersätze für große Fahrzeuge unerlässlich. Noch stärker könnte der Effekt auf den Kraftstoffverbrauch werden, wenn neben Anreizen für den Kaufentscheid auch Anreize für die Verringerung des laufenden Verbrauchs gesetzt werden, etwa mit einer Anhebung der Energiesteuer auf Kraftstoffe oder einer CO<sub>2</sub>-Steuer. Eine weitere flankierende Möglichkeit ist der verstärkte Einsatz von Kennzeichnungen (Labels) für Kraftstoff- bzw. Umweltklassen, die ebenfalls auf die Emissionsklassen und Flottengrenzwerte ausgerichtet sind und auch für gezielte Rabattmodelle eingesetzt werden (in Form von Bonus-Malus-Modellen im Rahmen der Kfz-Steuer).
- M5: Im Zentrum steht die Verknüpfung von Lkw-Maut und Investitionen für die Bahn zur Bahnbeschleunigung und Produktivitätssteigerung im Sinne des Lenkungs-Finanzierungsansatzes. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine Lkw-Maut auch dazu führen kann, dass aufgrund der Preisführerschaft der Straße die Bahn nachzieht und so die Anreize zum Umsteigen auf die Bahn verringert werden. Voraussetzung für die Steigerung der Effizienz der Güterbahn ist ein funktionierender Wettbewerb zwischen den Traktionären. Dazu braucht es die Sicherstellung eines diskriminierungsfreien Zugangs zu attraktiven Trassen und Trassenpreisen (z. B. Bonus für gut ausgelastete und pünktliche Züge) und eine leistungsfähige Infrastruktur inkl. Förderung von Umschlagsanlagen, die den Güterverkehr gegenüber dem Schienenpersonenverkehr nicht benachteiligt.

## 8 Was folgt daraus?

Aus den Analysen der privatwirtschaftlichen und der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen lassen sich folgende zentralen Schlussfolgerungen für die Wirksamkeit und die Wirtschaftlichkeit der fünf ausgewählten Maßnahmen ableiten:

1. **Umweltwirkungen fallen im Vergleich der Maßnahmen sehr unterschiedlich aus.** Die Reduktion von Klimagasemissionen fällt bei Maßnahme M3 (kürzere

Pkw-Wegelängen) mit 36 % mit weitem Abstand deutlicher aus als bei den anderen Maßnahmen. Dies ist damit zu begründen, dass kürzere Wege einerseits das Mobilitätsaufkommen direkt vermindern. Andererseits wirkt die Maßnahme auf den Lokal-, Regional- und Fernverkehr gleichermaßen, während M1 und M2 nur lokale Verkehre beeinflussen. Für die Verlagerung zu Fuß- und Radverkehr (M1) und zum ÖPNV (M2) beträgt die Reduktion des gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes hingegen nur bis 1 % und 4,3 % für die effizientere Pkw-Nutzung. Für die übrigen Schadstoffe (NO<sub>x</sub>, CO und Feinstaub) fallen die Veränderungen ähnlich aus.

2. **Maßnahmen im Fernverkehr erzielen den größten Beitrag zur Emissionsreduktion.** Etwa zwei Drittel der Verkehrsleistung im Personenverkehr und über 90 % der Leistung im Gütertransport erfolgen im Regional- und Fernverkehr. Ferner ist der Anteil des motorisierten Individualverkehrs hier wesentlich größer als in Städten. Vor diesem Hintergrund verringern Maßnahmen, die alle Entfernungsbereiche erreichen, einen wesentlich größeren Anteil der verkehrsbedingten Emissionen. Dies gilt auch unter Berücksichtigung der größeren Schadwirkung von Abgasen und Lärm in dicht besiedelten Räumen.
3. **Der öffentliche Personenverkehr birgt noch erhebliche Effizienzpotenziale.** In der vorliegenden Untersuchung wurde die Umweltentwicklung im Pkw-Verkehr durch den Einbezug aller zukünftigen Emissionsstandards und der EU-Flottengrenzwerte für Treibhausgasemissionen im Detail berücksichtigt. Eher konservativ fällt jedoch die Betrachtung der Emissionsverbesserungen der ÖPNV-Flotte aus. Durch ein in Maßnahme M2 angenommenes Marktwachstum von fast 80 % gegenüber dem Basis-Szenario werden massive Investitionen in neue Fahrzeuge fällig. Einerseits werden diese neuen Emissionsstandards genügen, andererseits bietet der ÖPNV Potenzial für neue und umwelteffizientere Antriebsformen. Ferner ist entscheidend, auf welches Marktsegment, nämlich Tram oder Bus, sich das Wachstum konzentriert.
4. **Klimaemissionen stellen den größten Teil der Umweltkosten dar.** Jedoch unterscheiden sich die Emissionsprofile stark zwischen den Verkehrsträgern. Während Treibhausgasemissionen 90 % der externen Umweltkosten des Pkw-Verkehrs ausmachen, besteht das größte Problem des ÖPNV in NO<sub>x</sub>- und Partikelemissionen. Diese stammen aus älteren Dieseln. Unterstellt man eine Erneuerung der Flotte und einen stärkeren Einsatz von Trams, verbessert sich die Umweltbilanz, stellt aber gleichzeitig neue Anforderungen an eine umweltschonende Stromproduktion. Mittels moderner Stadt- und Straßenbahnen, die mit emissionsfreiem, erneuerbarem Strom betrieben werden, ließe sich die Verminderung der Umweltwirkungen von 2 % auf bis zu 8 % verbessern.
5. **Die Nutzen einzelner Maßnahmen auf volkswirtschaftlicher Ebene lassen sich nicht isoliert betrachten.** Die Implementierung von marktwirtschaftlichen oder regulatorischen Instrumenten und Anreizen fördert stets eine breite Palette von Reaktionsmustern der Verkehrsteilnehmer und setzt auch längerfristige Anreize für Effizienzsteigerungen. Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten wird

für eine effiziente Verkehrs- und Umweltpolitik daher ein Mix aus verkehrspolitischen Maßnahmen und Instrumenten zur Erreichung vorgegebener Umweltstandards empfohlen.

6. **Nutzerreaktionen prägen das Gesamtergebnis verkehrspolitischer Maßnahmen entscheidend.** Die Reaktionen der Verkehrsteilnehmer auf Maßnahmen und Instrumente der Verkehrspolitik sind komplex und verlaufen nicht immer in die gewünschte Richtung. Beispielsweise verbilligt die Erhöhung der Pkw-Besetzungsgrade die Pkw-Nutzung, was wiederum eine Verlagerung von der Schiene auf die Straße auslösen kann. Ferner können Maßnahmen zur Förderung des Fuß- und Radverkehrs die Attraktivität des ÖPNV begünstigen oder zu Konkurrenzsituationen führen. Diese sogenannten "Rebound"-Effekte sollten beobachtet und wenn notwendig mit entsprechenden regulatorischen Mitteln begrenzt werden.

Neben den Nutzen aktiver Mobilität für die Umwelt verursachen autoarme Mobilitätsstile weitere Effekte für den Einzelnen und dessen Umfeld. Diese können wie folgt charakterisiert werden:

7. **Aktive Mobilität fördert die Gesundheit und reduziert das Risiko chronischer Erkrankungen.** Für regelmäßiges Radfahren oder Zu-Fuß-Gehen von etwa 75 Minuten pro Woche errechnet die Weltgesundheitsorganisation (WHO) ein um 50 % reduziertes vorzeitiges Sterberisiko. Auf der Grundlage einiger Durchschnittswerte zum Trainingszustand und Mobilitätsverhalten der Bevölkerung lassen sich hieraus volkswirtschaftliche Nutzen zwischen 11 Mrd. Euro und 15 Mrd. Euro pro Jahr schätzen. Dieser ist etwa gleich groß für alle hier betrachteten Maßnahmen, da die zur Implementierung gewählten Instrumente immer auch den Fuß- und Radverkehr fördern.
8. **Aktive Mobilität ist finanziell attraktiv.** Je nach Fahrzeugtyp kostet die Automobilität bis 5.000 Euro pro Jahr. Bei Abschaffung des privaten Pkw blieben entsprechend noch ausreichend Mittel für die Nutzung von ÖPNV, Bahn und "Car Sharing für lange Strecken. Es ist deshalb zu erwarten, dass allein aus wirtschaftlichen Gründen mehr Menschen auf günstigere Mobilitätsformen zurückgreifen. Laut aktuellen Studien hat dieser Trend in einigen Industrieländern bereits begonnen.
9. **Die Sicherheit von Radfahrern und Fußgängern in Städten bedarf einer höheren Aufmerksamkeit.** Die Wahrscheinlichkeit, als Radfahrer in deutschen Städten schwer verletzt oder getötet zu werden, ist pro Personenkilometer etwa 10- bis 20-mal höher als bei Pkw-Insassen. Auch Fußgänger haben ein höheres Unfallrisiko. Erfahrungen im europäischen Ausland belegen jedoch, dass durch ein höheres Aufkommen von Radfahrern und Fußgängern die Aufmerksamkeit der Pkw-Fahrer erhöht und somit die Unfallraten vermindert werden. Durch ein gut ausgebautes Radwegenetz, das im Idealfall durch gut sichtbare Markierun-

gen auf der Fahrbahn geführt wird, können Fahrzeiten verkürzt und gleichzeitig das Sicherheitsniveau weiter gesteigert werden.

10. **Die Geschwindigkeit aktiver Mobilitätsformen sowie des öffentlichen Verkehrs ist ein kritischer Faktor.** Für gut trainierte Menschen und bei Verfügbarkeit einer ausgebauten Fahrradinfrastruktur ist das Radfahren in Städten oft ebenso schnell wie der Pkw. Jedoch sind diese Voraussetzungen nicht immer gegeben, so dass aktive Mobilitätsformen oft mit einem erheblichen Zeitmehraufwand verbunden sind. Auf den ÖPNV mit Zu- und Abgang, Wartezeiten und Umstiegen trifft dies ebenfalls zu. Auf der anderen Seite ist das Staurisiko beim Pkw deutlich höher und dadurch die Verlässlichkeit geringer. Trotzdem sind die berechenbaren Zeitverluste bei einem Umsteigen auf andere Verkehrsmittel erheblich. Daraus ergibt sich, dass eine von den Nutzern akzeptierte nachhaltige Verkehrspolitik wesentlich stärker auf die Verbesserung gesellschaftlich gewollter Mobilitätsalternativen setzen sollte ("Pull"-Maßnahme) als auf die Verschlechterung des Pkw ("Push"-Maßnahme). Die Beschleunigung des Bahngüterverkehrs in Maßnahme M5 zeigt die positiven Ergebnisse einer entsprechenden Politik. Ferner belegt sie, dass die ÖPNV-Beschleunigung mittels organisatorischer Maßnahmen nicht teuer sein muss. Dies gilt insbesondere auch für leistungsfähige Radwege, die durch gut sichtbar markierte Fahrbahnstreifen darüber hinaus noch am sichersten sind.
11. **Der große Einfluss der Zeitkosten wirft im Angesicht der gesellschaftlichen Debatte um Entschleunigung und Lebensqualität die Frage auf,** ob die Fokussierung der Verkehrspolitik und der Bewertungsmethoden der Verkehrswissenschaft auf den Faktor Zeiteinsparung nicht überdacht werden muss. Phänomene wie Burnout und permanenter Zeitstress werden zunehmend gesellschaftlich als kritisch thematisiert. Ein Verkehrssystem mit der obersten Priorität der Beschleunigung des Verkehrs zum Zwecke der Zeiteinsparung verschärft diese Problematik. Hier besteht Handlungsbedarf bei der Bewertung und Feststellung, ob es Grenzen einer noch sinnvollen Beschleunigung und Zeiteinsparung gibt, wo diese bereits erreicht sind und wie die positiven Effekte einer Entschleunigung in die verkehrspolitische Entscheidungsfindung einbezogen werden können. Heutige Bewertungsverfahren sind zu stark auf das bisherige Paradigma der Beschleunigung ausgerichtet und könnten so die positiven Effekte von Entschleunigung mit einem negativen Vorzeichen in die Bewertung aufnehmen.
12. **Betriebswirtschaftliche und ökologische Kosten und Nutzen der Mobilität weisen in dieselbe Richtung.** Aus privater Perspektive bewegt sich der Umweltnutzen alternativer Mobilitätsformen im einstelligen Prozentbereich der gesamten Nutzen und Kosten der Mobilität aus Gesundheit, Verkehrssicherheit, Fahrzeit und Fahrzeugbetrieb. Somit liegt der Hauptnutzen umweltschonender Mobilitätsstile für den Verkehrsteilnehmer nicht nur in der ökologischen Wirkung selbst, sondern zu einem großen Teil auch in finanziellen Ersparnissen und einem gesünderen Lebensstil.

13. **Investitionen zur Förderung aktiver Mobilität kreieren breite gesellschaftliche Nutzen.** Durch die Förderung von Rad- und Fußverkehr oder die attraktive Umgestaltung von ÖPNV-Systemen kann neben den rein verkehrsspezifischen Nutzen auch die Aufenthaltsqualität öffentlicher Räume allgemein profitieren. Diese Nutzen wurden im Rahmen dieser Studie nicht quantifiziert, sollten aber bei einer ganzheitlichen Rechnung den Investitionskosten gegenüber gestellt werden. Hierdurch könnte der Nutzen-Kosten-Indikator, welcher für die fünf analysierten Maßnahmen bei Berücksichtigung der Zeitkosten deutlich negativ ausfällt, positiv beeinflusst werden.

Der Umstieg vom Pkw auf alternative Mobilitätsformen kann dämpfende Effekte auf die Automobilindustrie zur Folge haben. Inwieweit die Effekte auch gesamtwirtschaftlich negativ wirken oder durch Investitionen in Verkehrsinfrastrukturen und deren Betrieb ausgeglichen werden, stellt sich anhand der Ergebnisse dieser Studie wie folgt dar:

14. **Die Investitionshöhen der untersuchten Maßnahmen unterscheiden sich grundlegend.** Die Schätzungen bewegen sich zwischen einer Mrd. Euro jährlich für Radwege und Fußgängerzonen, zwei Mrd. Euro für den Ausbau der ÖPNV-Systeme und 10 Mrd. Euro für die Schaffung von Anreizen zur Regionalisierung der Fahrziele im Personenverkehr. Letztere Maßnahme geht weit über den Verkehrsbereich hinaus, da hier stadt- und regionalplanerische Umgestaltungen im größeren Umfang unterstellt werden. Es ist jedoch denkbar, dass sich mehr regional orientierte Mobilitätsmuster durch günstigere Maßnahmen erreichen oder unterstützen lassen. Die Streichung der Eigenheimzulage ab 2004 durch die Bundesregierung war hier ein erster Schritt, der z. B. durch die Abschaffung der Pendlerpauschale unterstützt werden kann.
15. **Der Umbau der Verkehrssysteme muss den Staatshaushalt nicht zwangsläufig belasten.** In den analysierten Maßnahmen wird unterstellt, dass Infrastrukturinvestitionen aus zusätzlichen Einnahmen der Nutzer und aus dem Staatshaushalt finanziert werden. Der Bausektor profitiert von den zusätzlichen Investitionen stärker als alle anderen Sektoren. Als Folge der Maßnahmen ist teilweise die sektorale Nachfrage verringert z. B. in der Automobilindustrie durch eine Reduktion des Pkw-Kaufverhaltens, die durch zusätzliche Nachfrage nach ÖV-Rollmaterial nicht kompensiert wird. Der gesamtwirtschaftliche Investitionssaldo bleibt aber bei vier von fünf Maßnahmen positiv. Der Nachfragerückgang in der Automobilindustrie durch weniger Pkw-Verkehr wird bei den meisten Maßnahmen durch die von der Bauindustrie erstellten Infrastrukturinvestitionen mehr als kompensiert. Einzig für die Senkung des Treibstoffverbrauches (M4), wo keine direkten Investitionen unterstellt wurden, verursacht der Rückgang der Automobilproduktion einen gesamtwirtschaftlichen Rückgang der Investitionen von etwa einem Prozent 2030 gegenüber dem Basisfall. Bei Annahme von staatlichen Förderprogrammen für das Verkehrsmanagement in Höhe von 100 bis 200 Mio. Euro kann jedoch ein ausgeglichener Saldo erreicht werden.

16. **Investitionen und organisatorische Änderungen des Transportsektors unterstützen sich gegenseitig.** In zwei der untersuchten Maßnahmen, der Effizienzsteigerung in der Pkw-Nutzung und der Verlagerung des Güterverkehrs auf die Bahn, zeigen betriebliche Änderungen im Bahnverkehr sowie Mobilitätsmanagement im Personenverkehr große Wirkungen. Beide Maßnahmen können ohne nennenswerte Investitionen implementiert werden. Voraussetzung ist jedoch die Bereitschaft der Nutzer und Unternehmen, gewohnte Routinen aufzugeben und neue Organisationsformen unter Nutzung aktueller technischer Hilfsmittel anzunehmen.
17. **Die Beschäftigung entwickelt sich in fast allen Maßnahmen positiv.** Getrieben durch den positiven Investitionssaldo der untersuchten Maßnahmen steigt die Beschäftigung gegenüber dem zugrunde gelegten Basis-Szenario leicht an. Für das Jahr 2030 sind dies über alle Branchen 1,4 % bis 2,5 % mehr Arbeitsplätze in den Maßnahmen M1, M2 und M3. Für den Sektor Transport und Verkehr, der die zusätzlichen Verkehrsdienstleistungen erbringt, sind die Zuwächse etwa vier- bis fünfmal so hoch. Eine Ausnahme stellt Maßnahme M4 (effizientere Pkw-Nutzung) dar, bei welcher dem Rückgang der Automobilnutzung und damit auch der Pkw-Verkäufe keine positiven Impulse der Maßnahme gegenüber stehen. Unter der genannten Annahme von Investitionen von 100 bis 200 Mio. Euro jährlich in verbessertes Verkehrsmanagement, die auf den Dienstleistungssektor entfallen, kann dieser negative Saldo der Gesamtbeschäftigung jedoch ausgeglichen werden. Es muss jedoch konstatiert werden, dass ein Rückgang der Beschäftigung in Deutschland vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und des damit verbundenen Mangels an Fachkräften in den kommenden Jahrzehnten an Bedeutung verlieren dürften. Allerdings werden auch in Zukunft Arbeitsplätze für geringqualifizierte Arbeitnehmer benötigt werden, welche durch den Bausektor angeboten werden können.
18. **Die gesamtwirtschaftliche Produktivität bleibt nahezu konstant.** Die in dieser Studie untersuchten Maßnahmen betrachten im Wesentlichen Investitionen in den Bausektor, der allerdings im Vergleich mit anderen Investitionsgütersektoren nur geringe Impulse für eine Erhöhung der Produktivität generiert. Eine Ausnahme stellt Maßnahme M2 mit Investitionen in die ÖPNV-Fahrzeugindustrie dar. Diese erzielen jedoch ebenfalls nur kleinere Produktivitätsverbesserungen verglichen mit Sektoren wie Elektronik, Maschinenbau oder EDV-Geräte und damit auch keine nennenswerte Steigerung der gesamtwirtschaftlichen Produktivität. Veränderte Fahrtzeiten insbesondere im Güterverkehr können auch Produktivitätsänderungen bewirken. Diese bleiben in den Maßnahmen aber auch begrenzt.
19. **Das BIP entwickelt sich positiv.** Das BIP liegt in vier von fünf Maßnahmen in 2030 leicht höher als im Referenzszenario. Der zusätzliche Investitionsimpuls und die Zweitrundeneffekte der Maßnahmen kompensieren die negativen Effekte in der Automobilindustrie sowie die Effekte struktureller Änderungen mit ihren Auswirkungen auf die sektorale Nachfrage. Die Gegenfinanzierung der Investitionen aus zusätzlichen Einnahmen der Maßnahmen und dem Staatshaushalt ist

realisierbar. Vor dem Hintergrund der enormen Unsicherheit bezüglich der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung müssen die volkswirtschaftlichen Konsequenzen nachhaltigerer Mobilität mit Veränderungen des BIP in einer Spannweite von - 0,2 % bis + 2,2 % als eher moderat bezeichnet werden.

Abschließend kann ein positives Fazit für die wirtschaftliche Realisierbarkeit und die Akzeptanz verhaltensändernder Maßnahmen für ein ökologischeres Verkehrssystem gezogen werden.

20. **Sinnvolle Maßnahmenpakete können die Effektivität und Effizienz der Verkehrspolitik deutlich steigern.** Sowohl die individuelle Bilanz als auch die gesamtwirtschaftliche Bilanz kann verbessert werden, wenn die verschiedenen Maßnahmen und Instrumente synergetisch ineinandergreifen. Dies steigert auch die Akzeptanz. Im Zentrum stehen dabei Ansätze des "Push & Pull" im Sinne einer Verlagerungs- und Finanzierungsstrategie, indem marktwirtschaftliche Instrumente (z. B. Mobility Pricing) gleichzeitig zur Finanzierung und Steuerung eingesetzt werden. Die Strategie für kürzere Wege und der Wechsel hin zu aktiver Mobilität gehen dabei Hand in Hand und bedingen gleichzeitig eine Abstimmung von Verkehrs- und Siedlungsentwicklung und eine Verdichtung nach innen. In einem solch umfassenden Ansatz haben umweltschonende Mobilitätsformen (moderner ÖPNV und Rad- und Fußgängerverkehr) a priori höhere Potenziale.

## Literatur

- ADAC (2012): ADAC Autokosten-Rechner. Allgemeiner Deutscher Automobil-Club, Internet: [http://www1.adac.de/Auto\\_Motorrad/autokosten/autokosten-rechner](http://www1.adac.de/Auto_Motorrad/autokosten/autokosten-rechner).
- BGL 2012: Kosten-Informationen-System für die leistungsorientierte Kalkulation von Straßengütertransporten. 16. Ergänzungslieferung Mai/Juni 2012. Bundesverband Güterkraftverkehr, Logistik und Entsorgung (BGL) e.V., Köln.
- BMG (Bundesministerium für Gesundheit) (2011): Strategie der Bundesregierung zur Förderung der Kindergesundheit. BMG, Berlin.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (2005): Die Gesamtwirtschaftliche Bewertung. Bundesverkehrswegeplan 2003. BVU (Freiburg), IVV (Aachen), Planco (Essen) im Auftrag des BMVBS, Januar 2005.
- BMVBS 2012: Nationaler Radverkehrsplan 2020 – den Radverkehr gemeinsam weiterentwickeln. Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Berlin.
- Börjesson, M. und J. Eliasson (2012): The value of time and external benefits in bicycle appraisal. *Transportation Research Part A* 46 (2012) 673–683. Elsevier.
- Essen, H. van, A. Schrotten, M. Otten, D. Sutter, C. Schreyer, R. Zandonella, M. Maibach, C. Doll (2011): External Costs of Transport in Europe. Update Study for 2008. CE Delft, Infrac, Fraunhofer ISI im Auftrag des Internationalen Eisenbahnverbandes (UIC), Paris. Delft, Zürich, Karlsruhe, September 2011.
- Hartwig, J., Schade, W., Sievers, L. (2012): Kurzübersicht des Modells ASTRA-D. Working Papers Sustainability and Innovation S 10/2012. Fraunhofer ISI, Karlsruhe
- Infrac/IER/ISI (2011): Schätzung externer Umweltkosten und Vorschläge zur Kosteninternalisierung in ausgewählten Politikfeldern. Infrac (Zürich), Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (IER) Universität Stuttgart, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA), Dessau.
- Jacobsen, S. (2003): Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention* 2003;9:205–209.
- Kahlmeier, S, N. Cavill, H. Dinsdale, H. Rutter, T. Götschi, C. Foster, P. Kelly, D. Clarke, P. Oja, R. Fordham, D. Stone, F. Racioppi (2011): Health economic assessment tools (HEAT) for walking and for cycling. Methodology and user guide. Economic assessment of transport infrastructure and policies. World Health Organization.

- König, S. (2006): Evaluations of the effect of rebuilt bicycle paths at intersections on arterial streets in Lund", LTH, Thesis 146, Lund.
- Maibach, M., C. Schreyer, D. Sutter, H.P. van Essen, B.H. Boon, R. Smokers, A. Schroten, C. Doll, B. Pawlowska, M. Bak (2008): Handbook on estimation of external costs in the transport sector. Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT). CE Delft.
- Schade W. (2005): Strategic Sustainability Analysis: Concept and application for the assessment of European Transport Policy. Dissertation, NOMOS-Verlag, Baden-Baden.
- SINUS / ADFC 2012: Fahrrad-Monitor Deutschland 2011 – Ergebnisse einer repräsentativen Online-Befragung. Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH und Allgemeiner deutscher Fahrrad-Club (ADFC) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Heidelberg, Berlin.
- Statistisches Bundesamt (2011): Verkehr. Verkehrsunfälle 2010. Fachserie 8, Reihe 7. 3 Beteiligte an Straßenverkehrsunfällen 2010.
- Titze, S., Ring-Dimitriou, S., Schober, P.H., et al. (2010): Bundesministerium für Gesundheit, Gesundheit Österreich GmbH, Geschäftsbereich Fonds Gesundes Österreich (Hrsg.). Österreichische Empfehlungen für gesundheitswirksame Bewegung. Wien: Eigenverlag.
- UBA (Umweltbundesamt) (Hrsg.) (2010): Leitfaden Klimaschutz im Stadtverkehr. Dessau-Roßlau. Juli 2010. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4023.pdf>.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) (2012): Impacts of Air Pollution on Human Health, Ecosystems and Cultural Heritage. Working Group on Effects of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP), Genf.
- Veisten, K., K. Sælensminde, K. Alvær, T. Bjørnskau, R. Elvik, T. Schistad, B. Ytterstad (2007): Total costs of bicycle injuries in Norway: Correcting injury figures and indicating data needs. *Accident Analysis and Prevention* 39 (2007) 1162–1169. Elsevier.
- Wardman, M., M. Tight, M. Page (2007): Factors influencing the propensity to cycle to work. *Transportation Research Part A* 41 (2007) 339–350. Elsevier.
- WHO Europe (2012): Health economic assessment tool (HEAT) for cycling and walking <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/Transport-and-health/activities/promotion-of-safe-walking-and-cycling-in-urban-areas/quantifying-the-positive-health-effects-of-cycling-and-walking/health-economic-assessment-tool-heat-for-cycling-and-walking> (Zugriff: 1.7.2012).