

Übergänge in den postfossilen Verkehr

Notwendigkeiten, Entwicklungstrends und -pfade

Ergebnisbericht



© 2016 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die des Nachdruckes, der Übersetzung, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

ISBN 978-3-86446-146-0



Übergänge in den postfossilen Verkehr

Notwendigkeiten, Entwicklungstrends und -pfade

Ergebnisbericht

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Querschnittsausschuss 7 „Postfossiler Verkehr“

Leiter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Felix Huber, Wuppertal

Mitglieder:

Dr.-Ing. Wulf-Holger Arndt, Berlin
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Joachim Beckmann, Berlin
Dr. rer. nat. Yvonne Binard-Kühnel, Wiesbaden
Dr.-Ing. Norbert Ehrlich (†), Düsseldorf
Dr.-Ing. Heinrich Eis, Bonn
Dipl.-Ing. Michael Falk, Wuppertal
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carsten Gertz, Hamburg
LRDir. Dipl.-Phys. Dirk Heuzeroth, Bergisch Gladbach
Dipl.-Ing. Jeanette Klemmer, Wuppertal
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Köhler, Frankfurt am Main
Prof. Dr.-Ing. Oscar Reutter, Wuppertal
Dipl.-Ing. Martin Röhrleef, Hannover
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée, Aachen
Dipl.-Ing. Gerd Würdemann, Niederkassel
Dipl.-Ing. Sonja Xalter, Augsburg

Dieser Ergebnisbericht „Übergänge in den postfossilen Verkehr: Notwendigkeiten, Entwicklungstrends und -pfade“, Ausgabe 2016, dokumentiert die Arbeit des Querschnittsausschusses „Postfossiler Verkehr“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Er ist für die Arbeit in allen Gremien der FGSV erstellt worden und richtet sich auch an interessierte Kreise außerhalb der FGSV.

Ein Kurzbericht („Übergänge in den postfossilen Verkehr, Zusammenfassung der Ergebnisse: Notwendigkeiten, Entwicklungstrends und -pfade“ (Kurzbericht), Ausgabe 2016), kann ebenso unter www.fgsv.de und www.fgsv-verlag.de in digitaler Form abgerufen werden und steht wie der Ergebnisbericht im Portal der FGSV für die FGSV-Mitglieder und FGSV-Gremien zur Verfügung.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei geschlechtsspezifischen Begriffen jeweils nur eine Form verwendet, in der Regel die männliche. Diese Begriffe schließen selbstverständlich die jeweils andere geschlechtsspezifische Form wertfrei mit ein.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Ergebnisbericht

Übergänge in den postfossilen Verkehr

Zusammenfassung der Ergebnisse: Notwendigkeiten, Entwicklungstrends und -pfade

Inhaltsübersicht

1	Kurzfassung	9
2	Einleitung	11
	2.1 Aufgabe dieses Berichts	11
	2.2 FGSV-Positionierung	11
	2.3 Aufbau	12
3	Ausgangssituation	13
	3.1 Energieverfügbarkeit und Klimawandel	13
	3.2 Beitrag des Verkehrs zu den Treibhausgasemissionen	21
	3.3 Klimaschutz im Verkehr	25
	3.4 Definition des postfossilen Verkehrs	26
	3.5 Wechselwirkungen von Verkehrs(angebots)- und Raumstrukturen	26
4	Megatrends und Rahmenbedingungen	28
	4.1 Entwicklung der politischen Rahmenbedingungen	28
	4.1.1 Entwicklung der Klimaschutzgestaltung	28
	4.1.2 Weißbuch der EU	30
	4.1.3 Klimaschutzgesetz NRW	30
	4.2 Demografische Entwicklung	31
	4.3 Gesellschaftliche Veränderungen	34
	4.4 Geänderte Einstellungen und Verhaltensweisen der Mobilitätsnachfrager	38
	4.5 Rahmenbedingungen und Trends im Güterverkehr	47
	4.5.1 Bisherige Entwicklung und Prognosen für den Güterverkehr	47
	4.5.1.1 Güterverkehr allgemein	47
	4.5.1.2 Straßengüterverkehr	52
	4.5.1.3 Eisenbahngüterverkehr	54
	4.5.1.4 Binnenschifffahrt	55
	4.5.1.5 Personenwirtschaft- und Dienstleistungsverkehr	56
	4.5.2 Beitrag des Güterverkehrs zur Treibhausgasemission	57
	4.5.3 Ansätze hin zu einem umweltverträglichen (postfossilen) Güterverkehr	60
	4.5.4 Bestehende Problemfelder	62
	4.6 Elektromobilität und andere nicht-fossile Antriebe	63
	4.7 Erkenntnisse aus den Megatrends	67

	Seite
5 Forecast- oder Technikszenario (2030)	70
5.1 Demografie	71
5.2 Stadt-/Raumstruktur	72
5.3 CO ₂ -Emissionen	75
5.4 Übersicht	78
6 Technik-Szenario (2050)	79
6.1 Allgemeines	79
6.2 Technik-Szenario	79
7 Backcast- oder Verhaltensszenario	81
7.1 Demografie	81
7.2 Verkehr	81
7.3 Wirtschaft	82
7.4 Strategie des Strukturübergangs	83
7.4.1 Schritt 1: Demografie	85
7.4.2 Schritt 2: Verkehrsvermeidung	85
7.4.3 Schritt 3: Verkehrsverlagerung	86
7.4.4 Schritt 4: E-Mobilität	87
7.5 Reduktion der Verkehrsleistung	89
7.6 CO ₂ -Emissionen	90
8 Zusammenstellung ausgewählter Szenarioannahmen	93
8.1 Grundtypen der Szenarien	93
8.2 Szenarioannahmen	95
9 Vergleich der Szenarioergebnisse	96
9.1 Vergleich der Szenarioergebnisse bis 2030	96
9.2 Vergleich der Szenarioergebnisse bis 2050	98
9.3 Gemeinsamkeiten der Szenarien	99
10 Ausblick	105
11 Exkurs: Langfristige CO₂-Minderungskonzepte im Stadtverkehr	108
11.1 Tübingen 2030	108
11.2 Wuppertal 2050	108
11.3 München 2058	109
11.4 Bereits realisierte Beispiele	109
11.5 Erkenntnisse aus den klimaschutzorientierten Verkehrskonzepten auf kommunaler Ebene	111
12 Exkurs: Bau und Betrieb von Straßen	112
13 Exkurs: Telematik	118

Bildverzeichnis

Bild 1: Schemadarstellung der Entwicklung der Förderung von Öl aus einer Quelle und der Vorgehensweise bei der Abschätzung des globalen Fördermaximums durch Verknüpfung der Förderkurven aller bekannten Ölquellen	14
Bild 2: Bandbreite der Szenarien zum Fördermaximum von konventionellem Öl bis 2100	15
Bild 3: Entwicklung und Prognose der weltweiten Erdölförderung	16
Bild 4: Phasenübergang in der Preisbildung von Rohöl im Zeitraum im Zeitraum 2005 – 2011 gegenüber dem Zeitraum von 1998 – 2004	17
Bild 5: Darstellung der erwarteten Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2050 bei der Fortschreibung des Trends und der Reduktionsziele (weltweit, für die Entwicklungsländer und für die Industrieländer)	19
Bild 6: CO ₂ -Emissionen des deutschen Straßenverkehrs (1000 t)	22
Bild 7: Anteile der Verkehrsarten an den CO ₂ -Emissionen	23
Bild 8: Weltweiter Trend der CO ₂ -Emissionen im Verkehr: 1980 – 2030	24
Bild 9: Prognose der Entwicklung der Weltbevölkerung in Milliarden und Entwicklung der Motorisierung	25
Bild 10: Bevölkerungsentwicklung 1950 – 2060	32
Bild 11: 12. Koordinierte Bevölkerungsvorausrechnung, Altersstruktur	32
Bild 12: Prognose der Bevölkerungsentwicklung in Deutschland 2002 – 2020 und 2002 – 2050	33
Bild 13: Haushaltsgrößen, Eheschließungen und Ehescheidungen	35
Bild 14: Entwicklung und Entwicklungsprognose der Zahl der Privathaushalte, der Bevölkerung in Privathaushalten und der Anzahl der Personen pro Haushalt	36
Bild 15: Verkehrsleistung nach Verkehrsmittel und Altersklasse	38
Bild 16: Entwicklungsprognose für den PKW-Besitz junger Erwachsener in Deutschland .	40
Bild 17: Veränderung der Häufigkeit der Automobilmutzung bei 18 – 29-Jährigen 1999 und 2008	41
Bild 18: Entwicklung der Kraftstoff- und Verbraucherpreise im Vergleich zum Gehalt	43
Bild 19: Entwicklung der Preise im Personenverkehr (nur Kraft- und Schmierstoffe) im Vergleich zu den Lebenshaltungskosten	43
Bild 20: Prognosen der Ölfördermengen und des Ölpreises der IEA	44
Bild 21: Theoretische Anpassungsreaktionen der Haushalte bzw. Mobilität neu denken . .	45
Bild 22: Öffentliche Verschuldung von Bund, Ländern, Gemeinden und Gemeindeverbänden einschließlich Extrahaushalte 2010	46
Bild 23: Entwicklung der Güterverkehrsleistung (in Mrd. tkm)	48
Bild 24: Gütermenge nach Verkehrsträgern (in Mill. Tonnen)	48
Bild 25: Steigerung der mittleren Transportweite im Eisenbahn- und Straßengüterverkehr im Vergleich zur Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (BIP) 1991 bis 2012 . .	49
Bild 26: Entwicklung der Energieeffizienz im Güterverkehr in Deutschland 1955 bis 2005 .	49
Bild 27: Prognose der Güterverkehrsleistung bis 2030	50
Bild 28: Verschiedene Szenarien und Prognosen für die Entwicklung der Güterverkehrsleistung	51
Bild 29: Prognostizierte Entwicklung der Güterverkehrsleistung (verschiedene Prognosen)	52
Bild 30: Transportleistung und Fahrleistung im Straßengüterverkehr 1960 – 2008	52
Bild 31: Straßengüterverkehrsleistung in Mrd. tkm und Verschiebung der Anteile der Relationen	53
Bild 32: Prognose des Lkw-Transitverkehrs (in Fahrzeuge pro Tag) für 2020	54
Bild 33: Verkehrsaufkommen im Schienengüterverkehr nach Gütergruppen	55
Bild 34: Entwicklung der Binnenschifffahrt 2006 – 2010	55
Bild 35: Anteil der Segmente im städtischen Wirtschaftsverkehr an der Fahrleistung	56

	Seite
Bild 36: Vergleich der CO ₂ -Emissionen der Güterverkehrsmittel	57
Bild 37: Prognose der Fahrleistung und CO ₂ -Emissionen des Straßengüterverkehrs (Quelle: Öko-Institut 2007)	58
Bild 38: Prognose der Fahrleistung und CO ₂ -Emissionen des Schienengüterverkehrs (Quelle: Öko-Institut 2007)	58
Bild 39: CO ₂ - und Luftschadstoffemissionen beim Transport auf drei ausgewählten Strecken bei durchschnittlichem Auslastungsgrad für da Jahr 2002	59
Bild 40: Trend der CO ₂ -Emissionen des Güterverkehrs	60
Bild 41: Entwicklung der politisch beabsichtigten Grenzwerte für CO ₂ -Emissionen bei Neuwagen in der EU	64
Bild 42: Versuch einer Prognose der Entwicklung der Elektromobilität vor dem Hintergrund plausibler Annahmen	65
Bild 43: Strategie des Strukturübergangs im Technik-Szenario	70
Bild 44: Entwicklung der Demografie, Szenario „Gereifter Fortschritt“	71
Bild 45: Zuzüge nach und Wegzüge von Frankfurt am Main	72
Bild 46: Prognose der Zahl von Elektrofahrzeugen bis 2030	74
Bild 47: Abnahme der CO ₂ -Emissionen für verschiedene Szenarien	77
Bild 48: Strategie des Strukturübergangs im Technik-Szenario (Personenverkehr)	80
Bild 49: Anzahl der Wege und Verkehrsleistung nach Wegezweck und Wegelänge (MIV) ..	82
Bild 50: Strategie des Strukturübergangs im Verhaltens-Szenario	83
Bild 51: Reduktion der CO ₂ -Emissionen im Backcast-Szenario	84
Bild 52: Veränderung des Modal Split (Personenkilometer) im Backcast-Szenario (2010 vs. 2050)	86
Bild 53: Entwicklung der Personenkilometer im Backcast-Szenario	89
Bild 54: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen im Backcast-Szenario	91
Bild 55: Vergleich der absoluten CO ₂ -Emissionen der Verkehrsszenarien für Deutschland (Personenverkehr)	98
Bild 56: Vergleich der CO ₂ -Emissionen pro Kopf der Verkehrsszenarien für Deutschland (Personenverkehr)	99
Bild 57: Modal Split in Stockholm (Anzahl der Wege)	109
Bild 58: Modal Split in Amsterdam (Anzahl der Wege)	110
Bild 59: Modal Split in Kopenhagen (Anzahl der Wege)	110

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wirkungen der Beiträge aus Megatrends auf den Klimaschutz	69
Tabelle 2:	Pkw-Flottenzusammenstellung 2008 und 2030	73
Tabelle 3:	Modal Split im Personenverkehr 2008 und 2030	75
Tabelle 4:	Modal Split im Güterverkehr 2008 und 2030	75
Tabelle 5:	CO ₂ -Reduktionen im Straßenverkehr für verschiedene Szenarien	76
Tabelle 6:	Annahmen und Werte im Forecast-Szenario	78
Tabelle 7:	Annahmen und Werte im Technik-Szenario	80
Tabelle 8:	Anteil der Wegelängen im motorisierten Individualverkehr (nach MiD 2002) ..	87
Tabelle 9:	CO ₂ -Emissionen pro Personenkilometer nach Verkehrsmittel im Backcast-Szenario	88
Tabelle 10:	Pkw-Flottenzusammensetzung im Backcast-Szenario	89
Tabelle 11:	Veränderung der Verkehrsleistung (Pkm) im Backcast-Szenario	90
Tabelle 12:	Personenkilometer pro Person (am Stichtag) im Backcast-Szenario	90
Tabelle 13:	Veränderung der CO ₂ -Emissionen im Backcast-Szenario	90
Tabelle 14:	Vergleich der Szenarioannahmen in Klimaschutz-Verkehrsszenarien für Deutschland 2030 (nur Personenverkehr)	94
Tabelle 15:	Vergleich der Szenarioergebnisse in Klimaschutz-Verkehrsszenarien für Deutschland 2030	97
Tabelle 16:	Vergleich der wesentlichen Szenarioeigenschaften	100
Tabelle 17:	Ökobilanzen für einen 1 km langen Autobahnabschnitt	113
Tabelle 18:	Einfluss der Fahrbahneigenschaften auf den Treibstoffverbrauch	114
Tabelle 19:	Treibhausgasemissionen verschiedener Längsneigungen auf Autobahnen (beide Fahrrichtungen kombiniert) im freien Verkehrsfluss	114
Tabelle 20:	Treibhausgasemissionen verschiedener Längsneigungen auf Autobahnen (beide Fahrrichtungen kombiniert) im Stop&Go	115

1 Kurzfassung

Der Verkehrssektor hängt heute zu 95 % vom Öl ab.¹⁾ Er verbraucht weltweit rund 54 % dieses fossilen Brennstoffs. Vor dem Hintergrund der Ressourcenendlichkeit hat sich eine Abhängigkeit von der Versorgung mit Erdöl entwickelt, die für die Mobilität einer hoch entwickelten Wirtschaftsnation, wie der Bundesrepublik, ein erhebliches und unwägbares Risiko darstellt. Die Entwicklung der Treibstoffpreise und deren Volatilität beeinflussen mittlerweile die Wirtschaftsentwicklung maßgeblich. Verteilungskonflikte zeichnen sich ab.²⁾

Der Verkehr ist mit seinen fossilen Treibstoffen zu 20 % am Ausstoß der Treibhausgase in Deutschland beteiligt³⁾ und damit ein wesentlicher Treiber des Klimawandels. Die Volkswirtschaft ist auf einen reibungslos funktionierenden Verkehr angewiesen. Es wird befürchtet, dass extreme Wetterereignisse (Starkregen, Sturm, Hitzeperioden) als Folge des Klimawandels die Verlässlichkeit des Verkehrs künftig zunehmend beeinträchtigen könnten. Ernst zu nehmende Einrichtungen weisen darauf hin, dass die Schadensprophylaxe durch Anpassung an diese neuen Phänomene (z. B. unter anderem die Adaption der Verkehrsinfrastruktur), die Beseitigung von Schäden aus Naturereignissen⁴⁾ in Form von Ausfällen und Zerstörungen volkswirtschaftliche Kosten verursachen könnten, welche die Vermeidungskosten auf Dauer weit übersteigen.⁵⁾ Richard Tol schreibt zu den Kosten des Klimawandels: „Die Auswirkungen des Klimawandels zu berechnen und in Geldeinheiten auszudrücken ist schwierig und in vielen Details umstritten. Bei allen Problemen, die diese Berechnungen mit sich bringen, gibt es doch einige robuste Ergebnisse: Von den negativen und positiven Auswirkungen des Klimawandels dominieren auf kurze Sicht die positiven, auf längere Sicht jedoch die negativen. Kurzfristig können wir das Klima ohnehin nicht beeinflussen. Längerfristig hat es jedoch Vorteile, den Klimawandel zu bekämpfen. Eine Erderwärmung um 3 Grad Celsius bringt deutlich höhere Verluste als eine Erwärmung um 2 Grad.“⁶⁾

Für die künftige Verkehrsentwicklung stellt sich die Frage, wie eine Befreiung aus der totalen Abhängigkeit vom Erdöl, wie die Erreichung der Energieminderungsziele der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung⁷⁾ und wie eine umfassende

1) Creutzig, F.; Edenhofer, O.; März 2010, S. 10

2) Vgl. hierzu: Zentrum für Transformation der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalysen: „Peak Oil – Sicherhe politische Implikationen knapper Ressourcen“; Strausberg, Juli 2010

3) Das BMU führt dazu aus: „Die direkten CO₂-Emissionen des Verkehrs machten im Jahr 2004 rund 20 % des gesamten CO₂ in Deutschland aus. Nimmt man den abgehenden Flugverkehr und auch die indirekten Emissionen hinzu, das sind die Emissionen der Raffinerieprozesse und des Bahnstroms, kommt der Verkehr auf einen ca. 25 %-Anteil.“ <http://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/herausforderung-verkehr-und-umwelt/verkehr-und-umwelt-weniger-treibhausgasemissionen-auf-der-strasse-mehr-im-flugverkehr/>, Zugriff am 29. 10. 2013

4) Vgl. u. a. Germanwatch: „Globaler Klima-Risiko-Index 2014 <https://germanwatch.org/de/download/8552.pdf>; Zugriff am 13.12.2013; Münchener Rückversicherung: „Studie zeigt Einfluss einer Klimaschwankung auf Schäden durch Taifune“, 29. 01. 2013, http://www.munichre.com/de/group/focus/climate_change/research/influence-of-climate-oscillation/default.aspx; Zugriff am 27. 12. 2013

5) Venjakob, M.; Mersmann, F.: „Kosten des Klimawandels“ in Bundeszentrale für politische Bildung, 23. 05. 2013 <http://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/klimawandel/38487/kosten-des-klimawandels>; Zugriff 17. 12. 2013

6) Tol, Richard: „Die Kosten des Klimawandels“ in FAZ, 23. 11. 2009, <http://www.faz.net/aktuell/wissen/klima/klimapolitik-die-kosten-des-klimawandels-1881629.html>, Zugriff am 27. 12. 2013

7) Vgl. hierzu Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.): „Der Verkehrsbereich muss seinen Beitrag zur Umsetzung des Energiekonzepts der Bundesregierung leisten. Kernziel für den Verkehrssektor ist die Reduzierung des Endenergieverbrauchs bis 2020 um rund 10 Prozent und bis 2050 um rund 40 Prozent gegenüber 2005. Die wesentlichen Voraussetzungen für das Erreichen der Ziele sind die Diversifizierung der Energiebasis des Verkehrs mit alternativen Kraftstoffen in Verbindung mit innovativen Antriebstechnologien, die weitere Steigerung der Energieeffizienz von Verbrennungsmotoren und die Optimierung der Verkehrsabläufe“, Berlin, Juni 2013, http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-strategie-final.pdf?__blob=publicationFile; Zugriff 13. 12. 2013

Minderung des Ausstoßes klimaschädlicher Gase im Verkehrssektor möglich sind. Wie lässt sich eine zukunftsfähige Mobilität entwickeln, die eine Vielfalt an Wahlmöglichkeiten bereit hält, zugleich die Abhängigkeit vom fossilen Kraftstoff deutlich reduziert und die Verkehrsangebote fördert, die ohne diese Energieform auskommen? Gelingt es, den Rahmen möglicher „Zukunftswelten“ des Verkehrs „richtungs- und größenordnungssicher“ zu beschreiben, zwischen denen sich die tatsächliche künftige Verkehrsentwicklung – je nach planerischer Intention und verkehrspolitischen Weichenstellungen – vermutlich abspielen wird? Welche Handlungsoptionen gibt es? Weisen solche Überlegungen in eine neue Verkehrswirklichkeit eines „postfossilen Verkehrs“?

2 Einleitung

2.1 Aufgabe dieses Berichts

Aufgabe dieses Berichts ist es, angesichts der Erkenntnis, dass der fossile, nicht erneuerbare Energieträger Erdöl am Fördermaximum angekommen ist, und der sich abzeichnenden Klimaveränderungen die Handlungsnotwendigkeit zu Veränderungen auf dem Gebiet des Verkehrswesens zu verdeutlichen. Der fossil geprägte Verkehr mit seinen CO₂-Emissionen überschreitet nicht in ferner Zukunft, sondern bereits heute unwiderruflich spürbar die Grenzen der Nachhaltigkeit. Vor diesem Hintergrund werden Strategien und Entwicklungspfade für neue Mobilitätsangebote und Verkehrsinfrastrukturen der postfossilen Gesellschaft vorgestellt.

Der Anspruch dieser Schrift ist die Beschreibung des Beitrages des Verkehrssektors zur Erreichung des 2,0 °C-Klimaschutzziels. Dabei sollen Fragen der Gestaltung der Verkehrsangebote und der Netzplanungen in gleicher Weise einbezogen werden, wie Fragen der zukünftigen Planung, des Baus, des Betriebs und der Erhaltung von Infrastrukturen. Damit ergeben sich auch veränderte Erreichbarkeitsbedingungen sowie fördernde Einflüsse auf „post-fossile“ Raumstrukturen mit Dichte, Mischung, Polyzentralität sowie veränderten axialen Raumstrukturen. Mögliche Maßnahmen beziehen sich auf fiskalische, verkehrsplanerische, verkehrstechnische, bauliche, organisatorische und informatorische Elemente. Die Maßnahmen werden Wirkungen für die künftige Gestaltung von Raum- und Siedlungsstrukturen, Mobilitätsangeboten und Verkehrsinfrastrukturen entfalten. Diese gilt es aufeinander abzustimmen.

Diese Hinweise entwickeln Entscheidungshilfen für strategische Weichenstellungen, die in Bezug auf die denkbaren Entwicklungspfade neuer Mobilitätsangebote und -muster sowie Verkehrsinfrastrukturen der postfossilen Gesellschaft „größenordnungs- und richtungssicher“ sind.



Der Strukturübergang von den fossilen zu den postfossilen Raum- und Verkehrsstrukturen wird sich – getrieben durch die Entwicklung der Treibstoffpreise – entweder schleichend oder in Brüchen, aber unvermeidlich vollziehen. Ein sich selbst überlassener Strukturübergang führt nicht automatisch zu gesamtgesellschaftlich wünschenswerten Resultaten. Es geht darum, diesen Übergang zu gestalten und Strukturvorstellungen zu postfossilen Mobilitätsstrategien zu entwickeln!

2.2 FGSV-Positionierung

Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen will ihren Beitrag zum Schutz des Klimas und der Entwicklung nachhaltig wirksamer Verkehrsangebote leisten. Dieser Ergebnisbericht richtet sich daher an alle Straßen-, Stadt- und Verkehrsplaner, Bauingenieure, Fachleute im Straßen- und Verkehrswesen, an politische Entscheidungsträger und an die Allgemeinheit mit dem Ziel, den Strukturübergang zu einem „attraktiven“ postfossilen Verkehr aktiv zu gestalten, indem die Chance zu technischen Neuentwicklungen (neue Verkehrssysteme, neue Mobile, Energieträger, etc.) genutzt und die Bedeutung bekannter, aber bisher vielleicht nicht mit der notwendigen Konsequenz verfolgter Maßnahmen (z. B. „Stadt der kurzen Wege“, Orientierung am Umweltverbund, Mobilitätsmanagement usw.) aus dem Begründungskontext von Befreiung von der Erdölabhängigkeit und Schutz des Klimas nochmals mit neuem und besonderem Nachdruck deutlich gemacht werden.

2.3 Aufbau

Aufbauend auf der Betrachtung von Megatrends und Rahmenbedingungen für die Verkehrsentwicklung und einem Trendszenario („Business as Usual-Szenario“, BAU-Szenario) als Referenz-Szenario werden zwei alternative Entwicklungsszenarien dargestellt:

-  **ein „Technik-Szenario“:** „was bis 2030 technisch absehbar ist, wird gemacht!“. Die Minderungspotenziale des Technik-Szenarios werden – ausgehend von heute – in einem „Forecasting“ auf Grundlage des ifmo-Gutachtens⁸⁾ zunächst auf das Jahr 2030 und dann auf 2050 hochgerechnet und mit den Klimaschutzzielen verglichen.
-  **ein „Verhaltens-Technik-Szenario“:** „ausgehend vom Jahr 2050 wird in einem „Backcasting“-Ansatz abgeschätzt⁹⁾, mit welchen Maßnahmen („50 % Verhaltensänderung und 50 % Technik“) das 80 % CO₂-Reduktionsziel¹⁰⁾ bezogen auf das Jahr 1990 erreicht werden kann“.

Beide Szenarien zeigen zwei sehr unterschiedliche Lösungswege auf. Beide Szenarien wollen ganz bewusst die Eckwerte zweier unterschiedlicher „Zukünfte“ in der Gestaltung der Verkehrsentwicklung aufzeigen, um die Unterschiede in den Handlungsnotwendigkeiten und in den Wirkungen deutlich zu machen.¹¹⁾ Beide Szenarien werden mit großer Sicherheit in der hier dargestellten „Reinform“ nicht eintreten. Die verkehrliche Wirklichkeit wird sich auf der Zeitachse bis 2050 – je nach Energiepreisentwicklung, Technologieentwicklung, politischer Weichenstellung oder Entwicklung des Nachfrageverhaltens der Menschen nach Mobilitätsangeboten – voraussichtlich irgendwo zwischen den beiden Szenarien einpendeln, wobei einzelne Maßnahmen- oder Wirkungsbereiche einen größeren, andere eine geringere Bedeutung als in den Szenarien dargestellt gewinnen können und deshalb unterschiedliche Beiträge zum Klimaschutz leisten. Für beide Szenarien gilt, dass sie jederzeit Elemente des jeweils anderen Szenarios integrieren können. Hätten man diese Variation der Eckszenarien hier aber vorgenommen, dann wäre eine große Anzahl an Zwischenszenarien entstanden. Um aber die Unterschiede in den Effekten beider Szenarien für die Strategiebildung und die Gestaltung der verkehrsstädtebaulichen Zukunft verdeutlichen zu können, werden beide Szenarien sehr klar – manchmal auch etwas überzeichnet dar – und einander gegenübergestellt.

Aus beiden Szenarien werden die sich wesentlich unterscheidenden Lösungswege für ein zukünftiges postfossiles Verkehrssystem abgeleitet. Daran schließen sich Hinweise zur Transformation und Umsetzung an. Schließlich werden Forschungslücken und -bedarfe formuliert.

-
- 8) Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.): Zukunft der Mobilität, Szenarien für das Jahr 2030, 1. Auflage 2010, München
 - 9) Die Aufteilung 50 % Technikbeitrag und 50 % Verhaltensbeitrag im Verhaltens-Szenario sind eine „Setzung“ des Querschnittsausschusses, die auf der Grundlage internationaler Erfahrungen und plausibler Abschätzungen vorgenommen worden ist. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Technik immer einen gewissen Beitrag bringen wird und muss, parallel dazu aber das Verhalten aufgrund der Rahmenbedingungen der Menschen (Wirtschaftssystem, gebaute und natürliche Umwelt, soziale Bezüge) in einem bestimmten Umfang determiniert ist. Hier kam der Querschnittsausschuss zu der Auffassung, dass ein Beitrag aus Verhaltensänderung von 50 % sehr ambitioniert ist und so etwas wie ein denkbare Maximum darstellt.
 - 10) Reduktionsziel in Anlehnung an: Europäische Kommission: „WEISSBUCH: Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem“, und: „Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Nordrhein-Westfalen“, vgl. dazu Abschnitt 4.1.3.
 - 11) Die Szenarien markieren unterschiedlich ausgeprägte, stark gezeichnete Strategiepfade, treffen dabei jedoch (den jeweiligen Annahmen entsprechende) größenordnungs- und richtungssichere Aussagen, welche eine theoretische Spannweite der künftigen Verkehrsentwicklung abstecken.

3 Ausgangssituation

3.1 Energieverfügbarkeit und Klimawandel

Die Zeit des billigen Erdöls geht zu Ende. Die Wetter-Extremereignisse nehmen zu und die Kosten des Klimawandels (z. B. die Versicherungsschäden) steigen überdurchschnittlich. Angesichts dieser Ausgangssituation stehen wir vor einer großen Herausforderung, denn die preisgünstigen fossilen Brennstoffe – zugleich die Kohlendioxidverursacher (CO₂) – sind bisher eine wichtige Grundlage unserer Wirtschaft und konstitutiv für unseren Wohlstand.

Energieverfügbarkeit, „Peak Oil“ und Nachfrageentwicklung

Die fossilen Brennstoffe Kohle, Erdöl, Erdgas sowie der Energierohstoff Uran sind endlich. Die Reichweite der „konventionellen Ölvorkommen“ wird mit 40 Jahren angegeben. Seit Anfang der 80er Jahre wird jedes Jahr mehr Öl verbraucht, als im gleichen Jahr neu gefunden und erschlossen worden ist. Selbst wenn die Ölvorräte in absehbarer Zeit nicht zur Neige gehen, wird aber ihre Förderung immer teurer und mit vermehrten Umweltbelastungen verbunden sein. Kostenintensivere Explorations- und Produktionsmethoden bedingen steigende Ölpreise. Neue Verfahren helfen, konventionelle Vorkommen effektiver und gründlicher zu fördern, wodurch die Reserven schneller verbraucht werden. Gleichzeitig eröffnen steigende Ölpreise die Möglichkeit, bislang unwirtschaftliche Vorkommen wie Ölsände, Ölschiefer oder zähflüssiges Schweröl zu erschließen. Der Abbau dieser sogenannten „unkonventionellen Ölvorkommen“ ist mit erheblichen Umweltzerstörungen (immenser Wasserverbrauch, hoher Energieverbrauch, Anfallen giftiger Abfallprodukte) und Gesundheitsgefahren (Beispiel Diesellabgase: NO₂ hat eine kanzerogene Wirkung)¹²⁾ verbunden. Für den Ausstieg aus der Erdölabhängigkeit gibt es drei Wege: Den Weg der Substitution durch andere Primärenergie (durch fossile Energien wie Kohle, Gas und Uran oder durch erneuerbare Energien wie solare Strahlung, Windenergie, Wasserkraft, Erdwärme und nachwachsende Rohstoffe), den Weg des Sparens (z. B. durch Steigerung der Energieeffizienz, jedoch behaftet mit dem Risiko des Reboundeffekts) und das „Verkehrsparen“ bzw. die Verkehrsvermeidung (Effizienzsteigerungen senken oft die Kosten für Produkte oder Dienstleistungen. Dies kann dazu führen, dass sich das Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer ändert: Sie verbrauchen mehr und die ursprünglichen Einsparungen werden teilweise wieder aufgehoben).

Nach der „Peak-Oil-Theorie“¹³⁾ verläuft die Ölförderung in einem Ölfeld nicht konstant, um dann mit dem letzten Tropfen zu versiegen. Vielmehr wird das Fördermaximum eines Ölfeldes dann erreicht, wenn die Hälfte des Reservoirs geleert ist (glockenförmige Produktionskurve). Damit verläuft auch die Weltölproduktion in der Zusammenschau aller Ölfelder in einer Glockenkurve, wenn die Menge der neu explorierten Ölvorkommen hinter der Nachfrage nach Öl zurückbleibt.

12) Press Release 213, 12 June 2012; www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213_E.pdf; Zugriff: 26.06.2013; auch: www.zeit.de/auto/2012-06/diesel-krebs-subvention; Zugriff: 26.06.2013

13) 1956 hat der texanische Geologe Marion King Hubbert (Shell-Forschung) die „Peak-Oil-Theorie“ veröffentlicht in Hubbert M. K.: „Exploration and Production Research Division“, Shell Development Company, Publication Number 95, Houston, Texas, Juni 1956

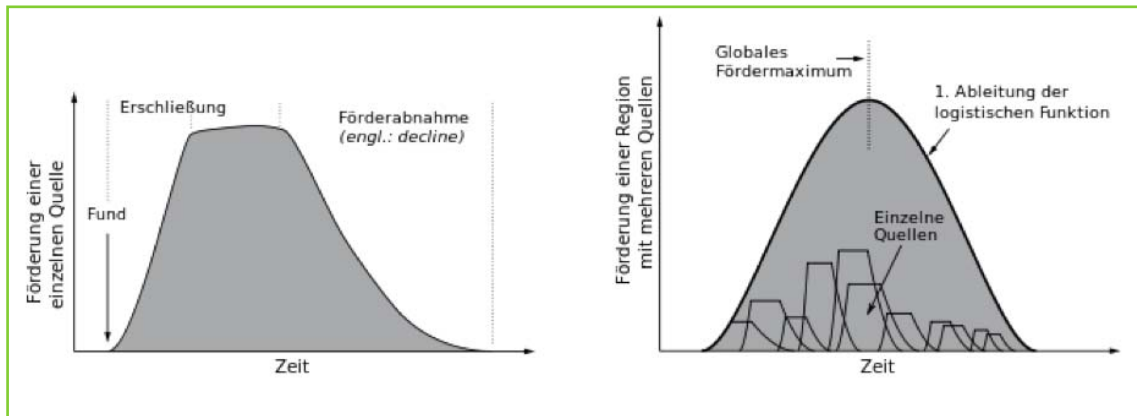


Bild 1: Schemadarstellung der Entwicklung der Förderung von Öl aus einer Quelle und der Vorgehensweise bei der Abschätzung des globalen Fördermaximums durch Verknüpfung der Förderkurven aller bekannten Ölquellen¹⁴⁾

Die Reichweite der einzelnen Ölvorkommen ist wenig aussagekräftig. Entscheidend ist vielmehr der Zeitpunkt, ab dem die Förderung aus technischen, geologischen oder umweltpolitischen Gründen nicht mehr erhöht werden kann. „Peak Oil“ ist nicht das Endes des Öls, sondern das Ende des billigen Öls.^{15),16)}

Über die Reichweite der Erdölvorräte gibt es in der Literatur höchst abweichende Aussagen. Bild 2 zeigt eine Auswertung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe aus dem Jahr 2009. Die Energy Watch Group kommt in ihrer neuesten Untersuchung zur künftigen Versorgungssituation mit fossilen Brennstoffen zu folgenden Ergebnissen:

„Empirische Daten belegen die These, dass die Welterdölförderung im Jahr 2005 einen weltweiten Höhepunkt erreicht hat und seither mit Schwankungen auf einem Plateau verweilt. Die Förderung von konventionellem Erdöl befindet sich seit 2008 im Förderrückgang. Das Fördermaximum der konventionellen Ölförderung ist auch von der Internationalen Energieagentur als Tatsache bestätigt worden. Aktuelle und künftige Anstrengungen der Erdölindustrie sind vor allem darauf ausgerichtet, das Förderplateau möglichst lange zu halten, indem der Förderrückgang der produzierenden Felder mit steigendem Aufwand durch neue Fördersonden oder unkonventionelle Erdölförderung ausgeglichen werden muss. Neue Felder sind jedoch in den meisten Fällen von schlechterer Qualität (kleiner, teurer in der Erschließung, höherer Schadstoffanteil, ...), so dass dieser Wettlauf immer schwieriger wird.“¹⁷⁾ Weiterhin schreibt die Energy Watch Group, dass die Entwicklung neuer Ölfelder in der Tiefsee enttäuschend verlaufe und weit hinter den Erwartungen zurückbleibe, die vor 10 Jahren geweckt worden waren. Allerdings würden auf der anderen Seite einige Regionen eine höhere Ölförderung aufweisen, als vor 5 Jahren von den Autoren erwartet worden war.

14) Arnd, F., 2007, in Wikipedia: Hubbert-peak-erläuterung.svg

15) nach Gründinger, W., 2012, S. 20, 21

16) Das Stichwort „Peak Oil“ benennt dabei den Zeitpunkt des Fördermaximums des konventionellen, tatsächlich, mehr oder minder leicht verfügbaren billigen Öls, der Zeitpunkt, ab dem es immer knapper und entsprechend teurer wird, um es in gewohntem oder aufgrund von Nachfragezuwächsen gesteigertem Umfang zu fördern.

17) Quelle: Zittel, W.; Zerhusen, J.; Zerta, M.; 2013, S. 6

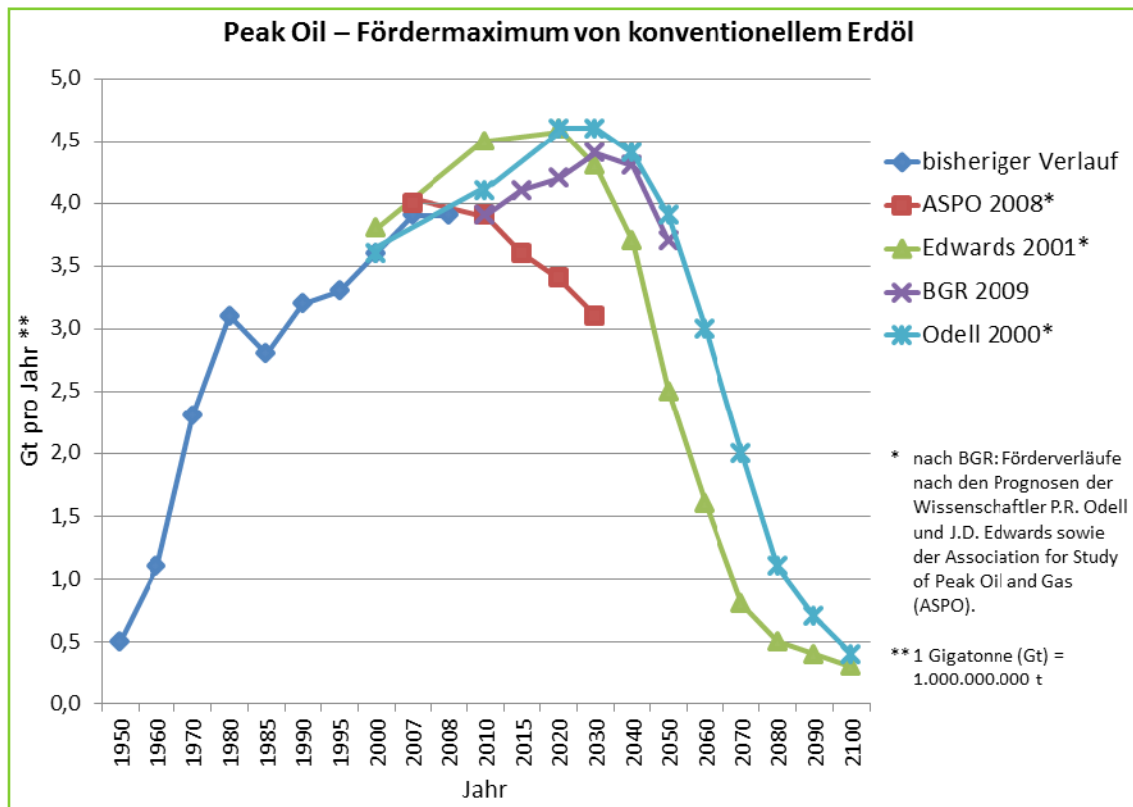


Bild 2: Bandbreite der Szenarien zum Fördermaximum von konventionellem Öl bis 2100¹⁸⁾

Der Ölverbrauch der OECD-Staaten habe das Maximum bereits überschritten. Nur so sei es möglich gewesen, dass in den letzten Jahren die nicht-OECD-Staaten bei stagnierender weltweiter Förderung ihren Bedarf noch deutlich ausweiten konnten. Gemäß der Förderanalyse sei es sehr wahrscheinlich, dass um das Jahr 2030 die weltweite Erdölförderung um etwa 40 % gegenüber 2012 zurückgehen wird.¹⁹⁾

Das nachfolgende Bild zeigt die Ergebnisse der Szenariorechnung der Energy Watch Group zur Weltölförderung 1940 – 2030.²⁰⁾ Wenn auch strittig ist, ob der Zeitpunkt des „peaks“ bereits überschritten oder erst in ca. 20 Jahren überschritten wird (die Bandbreite reicht vom Jahr 2007 (AASPO) bis 2034 (BGR)) (vgl. Bild 2), müssen dennoch die Substitutions-, Effizienz- und Vermeidungspotenziale kurzfristig erschlossen werden.

18) Eigene Darstellung nach Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR): Energierohstoffe 2009

19) Vgl. Zittel, W.; Zerhusen, J.; Zerta, M.; 2013, S. 6 – 8

20) Quelle: Zittel, W.; Zerhusen, J.; Zerta, M.; 2013, S. 8

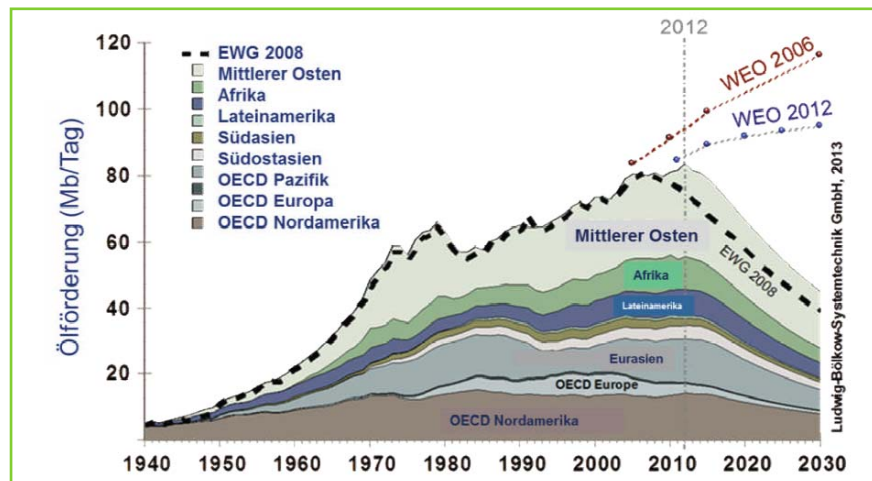


Bild 3: Entwicklung und Prognose der weltweiten Erdölförderung^{21),22)}

Die gegenwärtig hohe Abhängigkeit des Verkehrs vom Erdöl stellt den kritischen Punkt einer zukunftstauglichen, ökologisch verträglichen Verkehrsentwicklung dar, da sich die Ölpreise sehr „volatil“ gestalten und die „Nebenkosten“ für Energie immer unkalkulierbarer werden.

Die Preisbildung für fossile Energie wird von folgenden Markteffekten beeinflusst:

- Die weltweite Nachfrage nach Erdöl steigt. Auch wenn die Nachfrage in den OECD-Ländern auf hohem Niveau konstant bleiben sollte, so ist davon auszugehen, dass durch die aufstrebenden BRIC-Staaten (Brasilien, Russland, Indien und China) der Erdölverbrauch ansteigen wird, wobei der Anteil des Transportsektors dabei deutlich zunehmen wird.
- Da es im Falle des Erdöls nicht möglich oder im Falle der übrigen fossilen Energie aufgrund der klimaschädigenden Wirkungen nicht sinnvoll ist, die Produktion dieses spezifischen Gutes beliebig auszuweiten, ändert sich der Käufer- in einen Bietermarkt, das heißt die Preise steigen.
- Da es sich bei den Anbietern von Nachprodukten der fossilen Energien um Oligopole handelt, können die Anbieter im Gegensatz zum vollkommenen Wettbewerb, in dem ein Anbieter für sein Produkt den Marktpreis akzeptieren muss, den Verkaufspreis gewinnmaximierend festsetzen.

21) Quelle: Zittel, W.; Zerhusen, J.; Zerta, M.; 2013, S. 9

22) nach Ergebnissen der Energy Watch Group; der Vergleich mit Projektionen der Internationalen Energieagentur (WEO 2006 und WEO 2012) und einer älteren Studie der Energy Watch Group (EWG 2008) ist ebenfalls dargestellt.

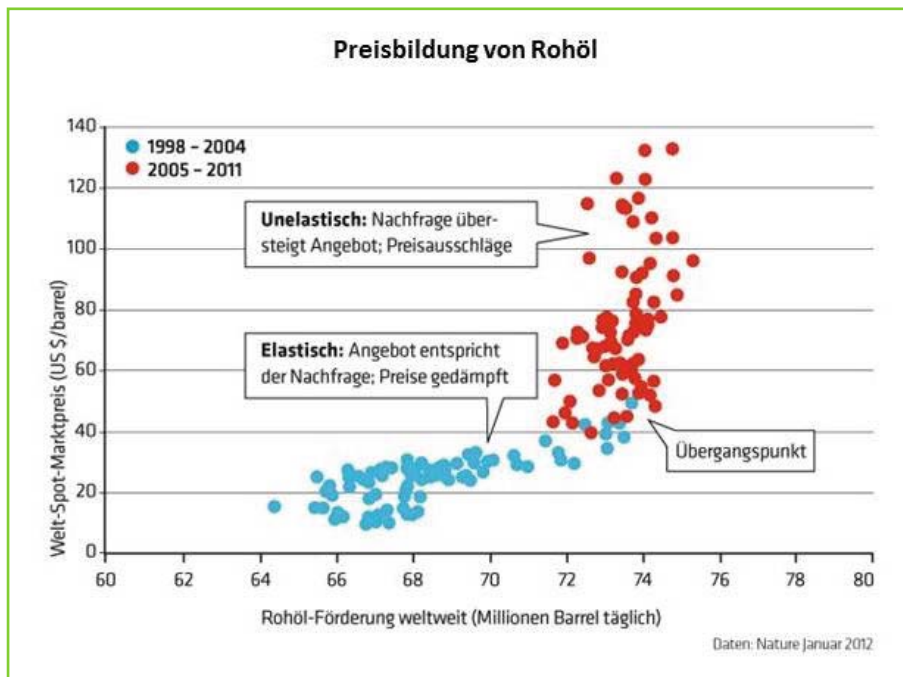


Bild 4: Phasenübergang in der Preisbildung von Rohöl im Zeitraum im Zeitraum 2005 – 2011 gegenüber dem Zeitraum von 1998 – 2004²³⁾

Zwischen 1998 und 2004 ließ die weltweit steigende Nachfrage sowohl Preise als auch die Produktionsmengen ansteigen. Seit 2005 steigen die Ölpreise jährlich um 15 %, die weltweit geförderte Menge wächst aber nicht weiter, sondern stagniert bei 75 Millionen Barrel täglich. Die Förderung aus den weltweit bekannten Ölfeldern sinkt sogar jedes Jahr um 4,5 bis 6,7 %. Damit ist ein Phasenübergang in der Ölförderung eingetreten, der mit verstärkten Preiseffekten verbunden ist.

Längerfristig erscheint ein höherer Ölpreis unvermeidlich, da die Gewinnung von Erdöl aus immer schwerer zugänglichen Lagerstätten immer aufwändiger und kostenintensiver wird. Allerdings werden durch technische Fortschritte bei steigenden Preisen Erdölpotenziale erschließbar, die bislang wirtschaftlich nicht zu fördern waren. In der Rückschau auf die vergangenen 25 Jahre wird deutlich, dass ständig so viele Ressourcen in (förderbare) Reserven umgewandelt werden konnten, dass die Menge der Reserven jederzeit etwa 40 Jahresverbräuche betrug.²⁴⁾ Dennoch kommt die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe zu dem Ergebnis: „Erdöl ist der einzige nicht erneuerbare Energierohstoff, bei dem in den kommenden Jahrzehnten eine steigende Nachfrage nicht mehr gedeckt werden kann.“²⁵⁾

Im Spiel von Angebot und Nachfrage wird auch künftig Öl auf dem Weltmarkt angeboten. Allerdings werden immer weniger Verbraucher finanziell in der Lage sein, sich den teurer werdenden Energieträger zu leisten. Die Preise werden so lange ansteigen, bis die Nachfrage auf die Menge des verfügbaren Öls absinkt. Kurzfristige Produktionsausweitungen können zeitweise zur Angebotsausweitung und in Folge zur befristeten Reduktion der Ölpreise beitragen. Dies wird allerdings mit dem Effekt erkaufte, dass

23) Datenquelle: Nature-Magazin, Januar 2012

24) vgl. Andruleit, H. (Koordination); Babies, H.G.; Meßner, J.; Rehder, S.; Schauer, M.; Schmidt, S.; 2011

25) Andruleit, H. (Koordination); Babies, H.G.; Meßner, J.; Rehder, S.; Schauer, M.; Schmidt, S.; 2011, S. 22

die zu vertretbaren Preisen förderbaren Mengen umso rascher aufgezehrt sind und die Fördermengen anschließend umso stärker zurückgehen werden. Wird das Erdöl verknapp, um die Vorräte zu strecken, steigen die Ausgaben für Öl. Dann bleibt den Verbrauchern weniger Kaufkraft für andere Güter. Die Verbraucher müssen sich im Hinblick auf steigende fossile Verkehrskosten überlegen, künftig auf mit sparsameren oder mit alternativen Energien betriebene Fahrzeuge zurückzugreifen, modal auszuweichen, die Wahl ihrer wesentlichen Lebensstandorte zu optimieren und/oder ihre Teilnahmeoptionen zu überdenken, neu zu ordnen oder darauf zu verzichten.

Klimaentwicklung

Die Nutzung fossiler Brennstoffe zur Energieerzeugung ist die wesentliche Ursache für die Anreicherung von CO₂ in der Atmosphäre. „Kohlendioxid (CO₂) ist das bei weitem bedeutendste Klimagas. Bezogen auf die gesamten Treibhausgas-Emissionen betrug der CO₂-Anteil 2009 rund 86 %.“²⁶⁾ Die Welt verfügt mit den Ozeanen und der Biosphäre über natürliche Kohlenstoffreservoirs, in denen im globalen Kohlenstoffkreislauf ein Teil des vom Menschen in die Atmosphäre freigesetzten Kohlendioxids wieder absorbiert wird. Diese Kohlenstoffreservoirs haben bereits die Hälfte des vom Menschen freigesetzten Kohlendioxids gebunden. Allerdings werden diese „Deponien“ langsam mit klimaschädlichen Treibhausgasen gefüllt. Gleichzeitig sinkt ihre Aufnahmefähigkeit, die der Meere durch den mit dem Treibhauseffekt verbundenen Temperaturanstieg, die der Biosphäre durch die Abholzung des tropischen Regenwaldes und den Bodenverbrauch durch Landwirtschaft und Siedlungsentwicklung. Um die Aufnahmefähigkeit der Biosphäre nicht zu überlasten, müssen die Treibhausgasemissionen begrenzt werden.²⁷⁾ Durch die Zunahme der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre wird die Strahlungsbilanz verändert und der Treibhauseffekt verstärkt. Die Durchschnittstemperaturen auf der Erdoberfläche erhöhen sich.²⁸⁾ Bei einer weiteren ungebremsten Entwicklung der globalen Treibhausgasemissionen („Business as Usual“) könnte es zu einem Anstieg der globalen Mitteltemperatur an der Erdoberfläche von bis zu 6 Grad Celsius kommen.²⁹⁾

Der fortschreitende globale Klimawandel gefährdet mit seinen Auswirkungen Mensch, Natur und Sachgüter. Die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, die von fast allen Staaten der Welt unterzeichnet und ratifiziert worden ist, will darum eine gefährliche Störung des Klimasystems verhindern. Die internationale Klimapolitik hat sich darauf festgelegt, die globale Erwärmung auf weniger als zwei Grad (2-Grad-Ziel) gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung zu begrenzen. Die politische Festlegung des 2-Grad-Ziels ist auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse über die wahrscheinlichen Folgen der globalen Erwärmung erfolgt. Dieses Ziel bedeutet nicht, dass

26) <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/hier> Thema: Klimaänderung, Unterthema: Treibhauseffekt – Eine globale Herausforderung

27) nach Bovet, Ph.; Rekacewicz, Ph.; Sinai, A.; Vidal, D.; 2007, S. 30

28) Die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Auswirkungen der erhöhten Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf das Klima werden vom „Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen“ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ausgewertet und zusammengefasst.

29) vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Klimaschutz – Wissenschaftliche Grundlagen- Das stabile Klima auf der Erde – Lebensgrundlage für Mensch und Natur“, http://www.bmu.de/klimaschutz/klimaschutz_im_ueberblick/doc/2896.php; Zugriff: August 2011



Bild 5: Darstellung der erwarteten Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2050 bei der Fortschreibung des Trends und der Reduktionsziele (weltweit, für die Entwicklungsländer und für die Industrieländer)³¹⁾

damit der Klimawandel verhindert oder aufgehalten werden kann; es bedeutet lediglich, dass man die mit diesem Ziel verbundenen Folgen des Klimawandels als „noch hinnehmbar“ einschätzt.³⁰⁾

Da die Erderwärmung seit Anfang des 20. Jahrhunderts etwa 0,7 °C beträgt, verbleiben rechnerisch noch 1,3 °C, um das 2-Grad-Ziel einzuhalten. Um dies zu erreichen, müssten die weltweiten Treibhausgas-Emissionen bis 2050 um mindestens 80 – 95 % sinken. Die Emissionsreduktion müsste im Laufe der 2010er Jahre einsetzen, um eine realistische Aussicht auf Einhaltung des 2-Grad-Ziel zu gewährleisten.^{32),33),34)} In Umsetzung dieses Zieles werden den Entwicklungsländern geringere Reduktionsziele als den Industrieländern zugestanden (Bild 5).³⁵⁾

30) Indigene Völker und Inselstaaten halten das 2-Grad-Ziel hingegen für zu wenig ambitioniert und verlangen die Verschärfung des Zieles auf mindestens 1,5 °C.

31) Eigene Darstellung nach Deutscher Bundestag 2008

32) Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung: „Globale Umweltveränderungen: Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz“, Sondergutachten, Berlin 2009

33) Es gibt Autoren, die die Meinung vertreten, dass das 2-Grad-Ziel bereits nicht mehr einzuhalten ist. Vgl. hierzu: Drieschner, M.: „Klimawandel – der große Selbstbetrug, Fahrt weniger Auto, dämmt eure Häuser, dann wird der Klimawandel nicht so schlimm – das haben wir geglaubt. Doch unser Planet wird trotzdem heiß, trocken und lebensfeindlich werden. Selbst wenn wir radikal umsteuern“ in Zeit on-line Umwelt, 4. Oktober 2012


34) Zu den hier vorgestellten Aussagen zum Klimawandel existieren auch sogenannte „Klimakritiker“ oder „Klimaskeptiker“. Sie bezweifeln, dass die globale Erderwärmung stattfindet oder dass sie ein Ergebnis menschlichen Einflusses ist. Die Autoren dieser Schrift haben sich bemüht Aussagen anerkannter Klimawissenschaftler, Institutionen und politischer Vorgaben zusammenzutragen und in einem Gesamtbild zu verknüpfen. Auch die jüngst erfolgte Korrektur der Klimaprognosen, nach denen sich die Erde wenig stark oder rasch erwärme, ändert nichts am Trend der Entwicklung und am Überschreiten des 2-Grad-Ziels im Falle des „Business as Usual“. Vgl. Dürand, D.: „Umweltbundesamt stellt Klima-Kritiker an den Pranger“, Wirtschaftswoche vom 22. 05. 2013 Vgl. von Matthes, S.; Menn, A.; Reuter, B. und Titz, S.: „Klimaforscher korrigieren ihre Prognosen“, Wirtschaftswoche vom 15. 04. 2013


35) Effekte des Klimawandels werden für ein Szenario 2040 beschrieben in: Gerstengabe, F.-W.; Walzer, H. [Hrsg.]: „Zwei Grad mehr in Deutschland – wie der Klimawandel unseren Alltag verändern wird“, Frankfurt am Main, Februar 2013

Zur Minderung der Treibhausgasemissionen gilt es, drei richtungssichere Basisstrategien miteinander zu kombinieren: Besser! Anders! Weniger! Effizienz will ein besseres Input-Output-Verhältnis bei der Energieumwandlung herstellen. Konsistenz strebt nach anderen, naturangepassten Technologien und Verhaltensmustern. Suffizienz zielt auf Lebensstile und Wirtschaftsweisen mit weniger Energieverbrauch: absolut und pro Kopf.

Folgerungen aus Peak Oil und Klimawandel

Zwei Punkte legen es nahe, sich mit der Frage zu befassen, wie Mobilitätsangebote und die Verkehrsinfrastruktur künftig zu gestalten sind:

 2010 hat der Verkehr in Deutschland mit etwas mehr als 20 % zu den energiebedingten CO₂-Emissionen beigetragen.³⁶⁾ Es gilt, den Beitrag des Verkehrs zur Minderung der Treibhausgase und zum Schutz des Klimas (Mitigation) auszuloten und Maßnahmen zur Anpassung der Mobilitätsangebote und der Verkehrsinfrastruktur an die Auswirkungen des Klimawandels (Adaption) zu entwickeln. Die Beschäftigung mit den Folgen des Klimawandels zeigt, dass Klimaschutz Kosten durch Klimaschäden vermeiden hilft. Je eher man mit Vermeidung beginnt, desto geringer fallen die Folgekosten für Klimaschäden aus.

 Der Verkehr ist in Deutschland seit 2000 der größte Endenergieverbraucher. 2010 betrug sein Anteil rund 28 %.³⁷⁾ Da Verkehr fast ausschließlich mit Erdölprodukten betrieben wird, ist er umfassend von friktionsfreiem Zugang zu dieser Energieart abhängig. Niemand kennt die wahren, mit darstellbarem Aufwand und vertretbarem Umweltrisiko förderbaren Vorräte an Erdöl genau. „Peak Oil“ ist der Zeitpunkt des Endes des tatsächlich, mehr oder minder reibungslos verfügbaren billigen und ohne hohe externe Kosten förderbaren Öls, der Zeitpunkt, ab dem es zu knapp und zu teuer wird, um es in gewohntem oder aufgrund von Nachfragezuwachsen gesteigerten Umfang zu fördern.³⁸⁾ Letztendlich ist es genauso müßig, sich darüber zu streiten, ob die konventionelle Förderung im Jahr 2006 das Maximum bereits überschritten oder ob der Zeitpunkt des Ölfördermaximums angesichts der Einbeziehung der unkonventionellen Ölvorkommen noch vor uns liegt, wie es müßig ist, der Frage nachzugehen, wie lange die Ölvorräte angesichts des wachsenden Energiehungers der Welt noch reichen werden. Wesentlich ist die Erkenntnis, dass die Preise dieses wichtigen Energieträgers unserer Weltwirtschaft und des Verkehrs unkalkulierbar steigend und volatil sind.³⁹⁾ Dies hat Implikationen für die Wirtschaftsentwicklung, befördert Verteilungskämpfe um Ressourcen und führt zu politischen Verwerfungen. Für Länder ohne nennenswerte eigene Erdölvorkommen leitet „peak oil“ eine grundlegende Strukturwende im Verkehr ein. Es gibt also eine existentielle Nachhaltigkeitsaufgabe⁴⁰⁾ im Sinne der Gefahrenabwehr:





36) Umweltbundesamt: „Emissionen des Verkehrs“, <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeldent=3577>, Zugriff: 04. 06. 2013

37) Umweltbundesamt: „Emissionen des Verkehrs“, <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeldent=3577>, Zugriff: 04. 06. 2013






38) Nähere Erläuterungen siehe Abschnitt 3.1: „Systembedingungen der Energieversorgung“; nach Gründinger, W., 2012, S. 20, 21

39) vgl. Franke, Klaus; in „Sichere Energie im 21. Jahrhundert“, Petermann, Jürgen (Hrsg.), Hamburg 2008, S. 25 ff.

40) Nachhaltigkeit wird in dieser Schrift im Sinne der Zieltrias: ökologische Nachhaltigkeit, ökonomische Nachhaltigkeit und soziale Nachhaltigkeit verstanden. Diese dienen „der Sicherung der menschlichen Existenz“, „der Erhaltung des gesellschaftlichen Produktionspotenzials“ und „der Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten“.

-  zum Schutz unserer natürlichen Lebensgrundlagen,
-  zur Sicherung des sozialen Friedens im Innern,
-  zur Sicherung des globalen Friedens und
-  zur Sicherung unserer wirtschaftlichen Basis.⁴¹⁾

Diese existierenden Herausforderungen machen es notwendig, sich mit dem Systemübergang von einer fossilen zur postfossilen Gesellschaft, vom fossilen in den postfossilen Verkehr zu befassen. Solche Systemübergänge bergen Risiken. Bei der postfossilen Wende handelt es sich gleichzeitig auch um eine Gestaltungsaufgabe mit fundamentalen Chancen:

-  durch Verbesserung unserer Umwelt (Lärm, Schadstoffe, Flächengewinn),
-  durch Verbesserung der Lebensqualität (Gesundheit, sozialen Teilhabe, Sicherheit),
-  durch Qualifizierung von Stadtstrukturen,
-  durch Verbesserung der Teilhabechancen bei postfossilen Raumstrukturen und verkehrseffizienter Standortwahl,
-  durch neue Produkte und die Erschließung neuer Geschäftsfelder.

Die Zukunftsaufgaben lauten:

1. sich von fossiler Energie bei den Verkehrsbeziehungen/Ortsveränderungen unabhängig zu machen und die Energiepreise durch eigene alternative Energieinfrastrukturen, wenn auch auf höherem Niveau, so doch auf Dauer kalkulierbar zu machen, das heißt eine nachhaltige Energieversorgung zu gewährleisten.
2. den Trend der immer höheren Entfernungsaufwendungen durch „geordnete“ Raumstrukturen und angepasstes Verkehrsverhalten zu bremsen. Die Energieversorgungssicherheit und die notwendige CO₂-Reduktion erfordern eine Gestaltung der Mobilitätsangebote und Verkehrsinfrastruktur, die verstärkt die räumlichen (Verkehrsverursachungs-)Strukturen einbezieht.

3.2 Beitrag des Verkehrs zu den Treibhausgasemissionen

Transport beschreibt die Ortsveränderungen von Personen, Gütern und Informationen. Für das Bewegen von Masse (Fahrzeuge, Personen, Güter) wird körpereigene oder Fremdenergie eingesetzt. Beim Umsatz von körpereigener und fossiler Energien wird CO₂ freigesetzt. Bei Arbeit durch Muskelkraft (körpereigene Energie) geschieht dies durch metabolische Verbrennung und Atmung, bei Verwendung z. B. von fossiler Energie durch die Freisetzung von CO₂ als Produkt des Verbrennungsprozesses (neben der Wärme).

Zum Treibhauseffekt trägt der Verkehr mit der Verbrennung von Kraftstoff (und bislang geringfügig und durch die Nutzung von Strom) bei. Die direkten CO₂-Emissionen des Verkehrs waren in der Europäischen Union wie auch in Deutschland im Jahr 2004 mit rund 20 % Anteil am Gesamtausstoß dieses Treibhausgases beteiligt. Nimmt man

41) Vgl. auch „Peak Oil – Sicherheitspolitische Implikationen knapper Ressourcen“, Zentrum für Transformation der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalysen; Strausberg, Juli 2010

den abgehenden Flugverkehr und die indirekten Emissionen hinzu (Raffinerieprozesse, Bahnstrom), kommt der Verkehr auf einen ca. 25 %-Anteil.^{42),43)} Dieser Sektor ist damit nach der Energiewirtschaft der stärkste Emittent klimaschädlicher Gase.⁴⁴⁾

Die CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs sanken in Deutschland zwischen 1990 und 2009 um insgesamt 6 %. Steigende Fahrleistungen und der Trend zu immer leistungstärkeren und schwereren Fahrzeugen hatten zwischen 1990 und 1999 zunächst zu einem Emissionsanstieg geführt. Seit dem Jahr 2000 gehen die CO₂-Emissionen des Gesamtverkehrs zurück. Dazu tragen vor allem sparsamere Motoren, weiterentwickelte Fahrzeugkonstruktionen und eine starke Zunahme des Anteils von Pkw mit Dieselmotor (geringerer Verbrauch bei vergleichbaren Fahrzeugparametern) bei.⁴⁵⁾

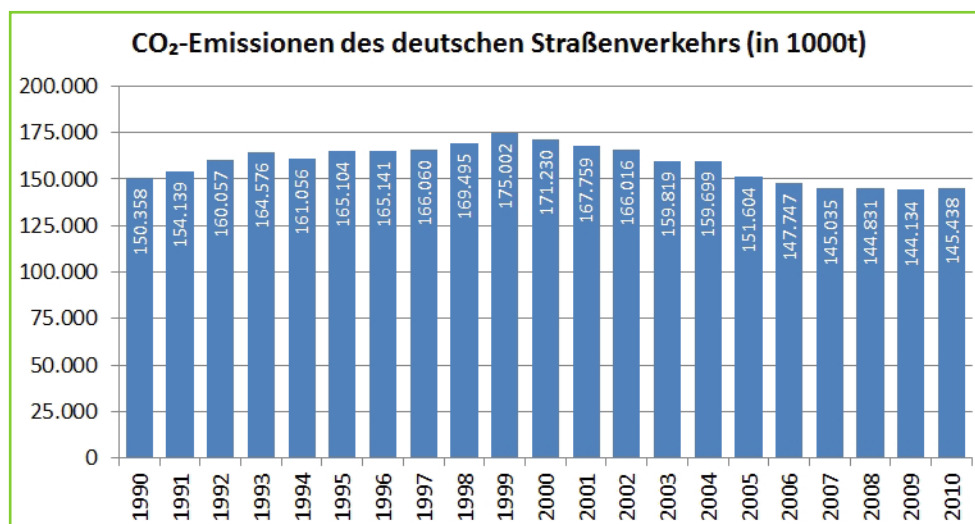


Bild 6: CO₂-Emissionen des deutschen Straßenverkehrs (1000 t)⁴⁶⁾

Dennoch stieg im Gegensatz zu den anderen Sektoren wie Landwirtschaft, Industrie, Energiewirtschaft und Haushalte in Deutschland der Anteil des Verkehrs am CO₂-Ausstoß zwischen 1990 und 2010 um ca. 20 % an, während die anderen Quellgruppen in diesem Zeitraum ihre CO₂-Emissionen zwischen 15 % und 30 % reduzieren konnten.⁴⁷⁾

„An den direkten CO₂-Emissionen des gesamten Verkehrsbereichs hat der Straßenverkehr einen Anteil von 85 %, der Pkw-Verkehr von 60 %. Somit kommt dem Pkw eine große Bedeutung bei der Verringerung der CO₂-Emissionen zu.“⁴⁸⁾ Der Luftverkehr ist mit ca. 15 % an den Gesamt-Treibhausgas-Emissionen des Verkehrs beteiligt. Jedoch haben sich die CO₂-Emissionen des abgehenden Luftverkehrs zwischen 1990 und 2005 fast verdoppelt. Rechnet man den Beitrag des Verkehrs auf die Gesamt-CO₂-Emission in Deutschland um, produziert der Straßenverkehr mit 18 % den größten Anteil der

42) Nach Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Verkehr und Umwelt – Herausforderungen – Weniger Treibhausgasemissionen auf der Straße, mehr im Flugverkehr“, bmu.de, Stand: September 2007

43) Vgl. Umweltbundesamt <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de>: Emissionen des Verkehrs

44) Vgl. Umweltbundesamt <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de>: Emissionen des Verkehrs

45) Umweltbundesamt <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de>: „Emissionen des Verkehrs“

46) Quelle: UBA, „Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 19902010 (Endstand 14. 12. 2011)“

47) Vgl. Umweltbundesamt <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de>: „Emissionen des Verkehrs“

48) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Verkehr und Umwelt – Herausforderungen – Weniger Treibhausgasemissionen auf der Straße, mehr im Flugverkehr“, bmu.de, Stand: September 2007

Treibhausgas-Emissionen, wobei ca. 5 % dem besonders stark steigenden Straßengüterverkehr zuzurechnen sind. Bahn- und Binnenschiffsverkehr erreichen einen Anteil von 1 %. Schiffs- sowie Flugverkehre sind mit jeweils mit 3 % beteiligt (vgl. Bild 7).

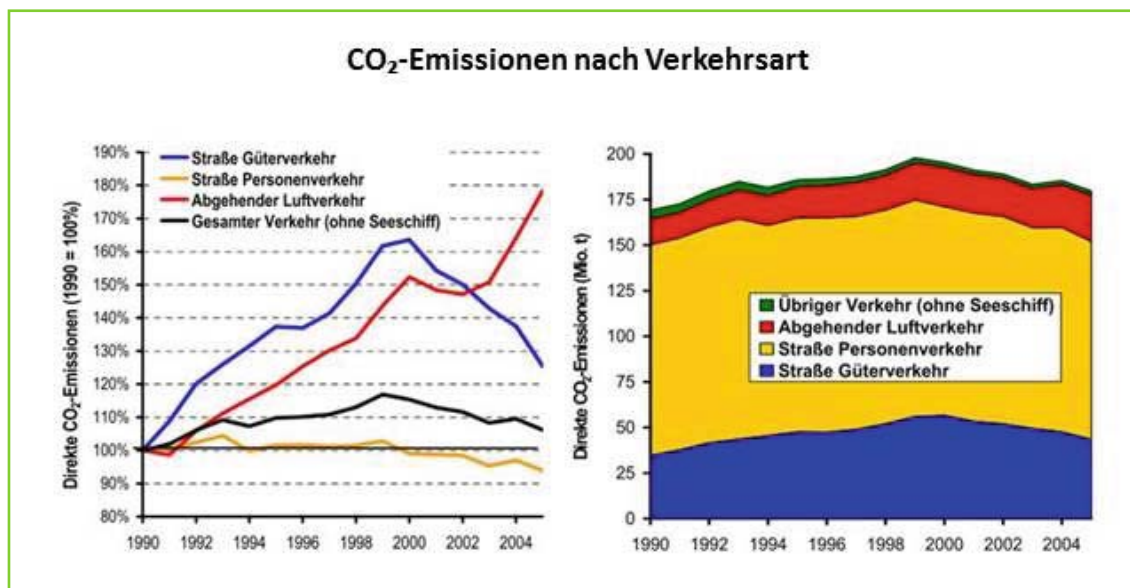


Bild 7: Anteile der Verkehrsarten an den CO₂-Emissionen⁴⁹⁾

Im Güterverkehr, vor allem getragen durch den Straßengüterverkehr, wird bis zum Jahr 2015 eine Zunahme der CO₂-Emissionen von 10 % in Europa erwartet. Für den Personenverkehr rechnet man hingegen mit einer Stagnation der Emissionen.⁵⁰⁾

Nach einem Bericht der Internationalen Energieagentur wird bei einer Trendfortschreibung der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 ein Anstieg um insgesamt 50 % und bis zum Jahr 2050 um 80 % erwartet.⁵¹⁾ Das BMU spricht von einer Verdreifachung des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre bis zum Jahr 2100 gegenüber der vorindustriellen Zeit bei Beibehaltung des derzeitigen Emissionsniveaus.⁵²⁾ Diese Entwicklung ist nicht auf Deutschland beschränkt, sondern typisch für Europa und andere Industriestaaten; zu ihr trägt auch der Verkehrssektor bei. Während in den Vereinigten Staaten und den anderen entwickelten Ländern bis 2030, nach einem Maximum in 2020, ein Rückgang der CO₂-Emissionen erwartet wird, führten gemäß Bild 8 die erwarteten Zuwächse in der Motorisierung in den bevölkerungsreichen Schwellen- und Entwicklungsländern – in Kopie des westlichen Lebens- und Mobilitätsmodells – zu einer Verdoppelung des Ausstoßes klimaschädlicher Gase bis 2030 gegenüber 1980.

Eine Betrachtung der Klimaentwicklung kann die Entwicklung der Weltbevölkerung nicht außer Acht lassen. Trotz des Rückgangs des Bevölkerungszuwachses etwa seit dem Jahr 2000 wird für das Jahr 2050 eine Weltbevölkerung von über 9 Mrd. Menschen erwartet. Mehr als die Hälfte dieser Weltbevölkerung lebt in Städten und orientiert sich überwiegend an westlichen Vorbildern der Verkehrsgestaltung.

49) Quelle: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/verk_co2_emissionen.pdf

50) Wissenschaftlicher Beirat für Verkehr, 2008: Strategien zur Minderung der CO₂-Emissionen im Verkehrssektor; Allerdings bedeutet die Stagnation, dass wir die CO₂-Kontingente späterer Zeiten bereits heute ausschöpfen.

51) IEA, 2009: Transport, Energy and CO₂ – moving towards sustainability, International Energy Agency

52) http://www.bmu.de/klimaschutz/klimaschutz_im_ueberblick/doc/2896.php, Zugriff am 18.05.2010

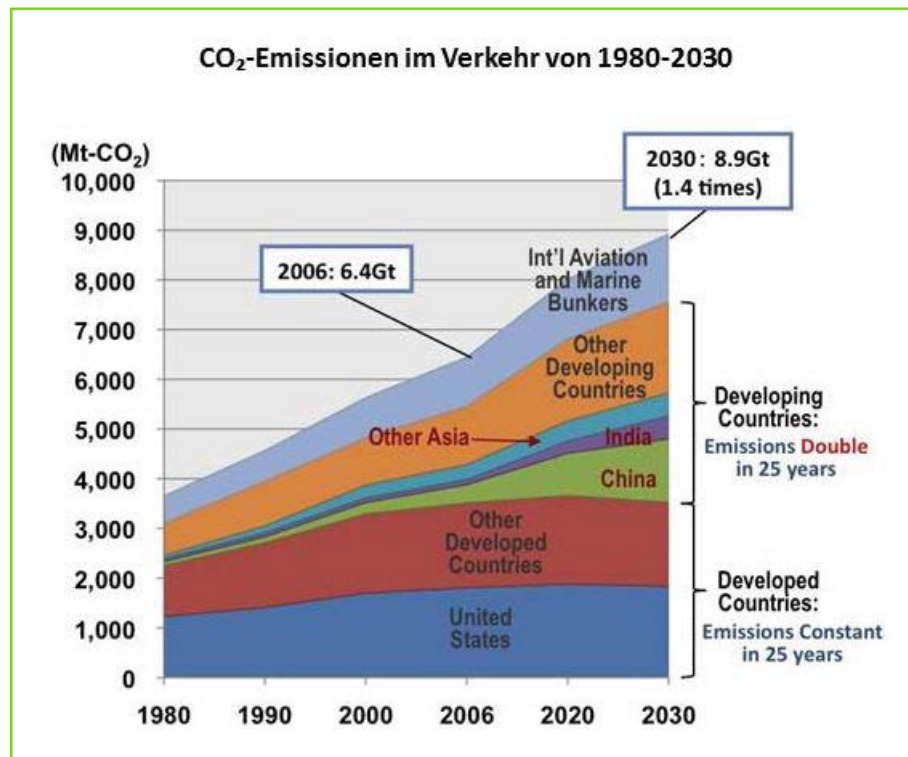


Bild 8: Weltweiter Trend der CO₂-Emissionen im Verkehr: 1980 – 2030⁵³⁾

Während in Europa die Stadtentwicklung bezogen auf den Einwohnerzuwachs stagniert und in Nordamerika nur noch leicht zunimmt, lässt sich für Asien, Afrika und Südamerika ein gewaltiges Städtewachstum u. a. auch in Mega-Cities absehen.

Das Bild 9 zeigt im Vergleich der Entwicklungstrends von Bevölkerung und Motorisierung der Kontinente eine inverse Parallelität. Weisen die Schwellen- und Entwicklungskontinente einen hohen Mengensockel bei der Bevölkerung auf, zeigen Nordamerika und Europa dagegen einen hohen Mengensockel bei der Motorisierung. Es ist die Furcht vor den Klima- und Ressourcenwirkungen dieses Motorisierungsmengensockels, welche die Notwendigkeit zum Handeln insbesondere unterstreichen. Auch wenn Deutschland im Verkehr im Weltmaßstab insgesamt nur zu ca. 1 % zur Gesamtemission von Treibhausgasen beiträgt – was viele Kritiker als Argument gegen eine Decarbonisierungsstrategie vorbringen – so ist es der Export westlicher Mobilitätsstandards und Verkehrsleitbilder, die in Verbindung mit der exponentiellen Stadtentwicklung in den Schwellen- und Entwicklungsländern genügend Anlass geben, den Paradigmenwechsel im Verkehrssektor Deutschlands voranzutreiben.

Insofern ist die CO₂-Senkung im Verkehrsbereich nicht nur aus Gründen der nationalen Ressourcenschonung und des Umweltschutzes notwendig. Gerade die Vorbildwirkung für Schwellen- und Entwicklungsländer, der Nachweis, dass ein Hochtechnologieland

53) Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan, nach Source: International Energy Agency (IEA) (2008), CO₂ Emissions from Fuel Combustion, 2008 Edition; IEA (2008), World Energy Outlook 2008, http://www.mlit.go.jp/kokusai/MEET/data_en.html

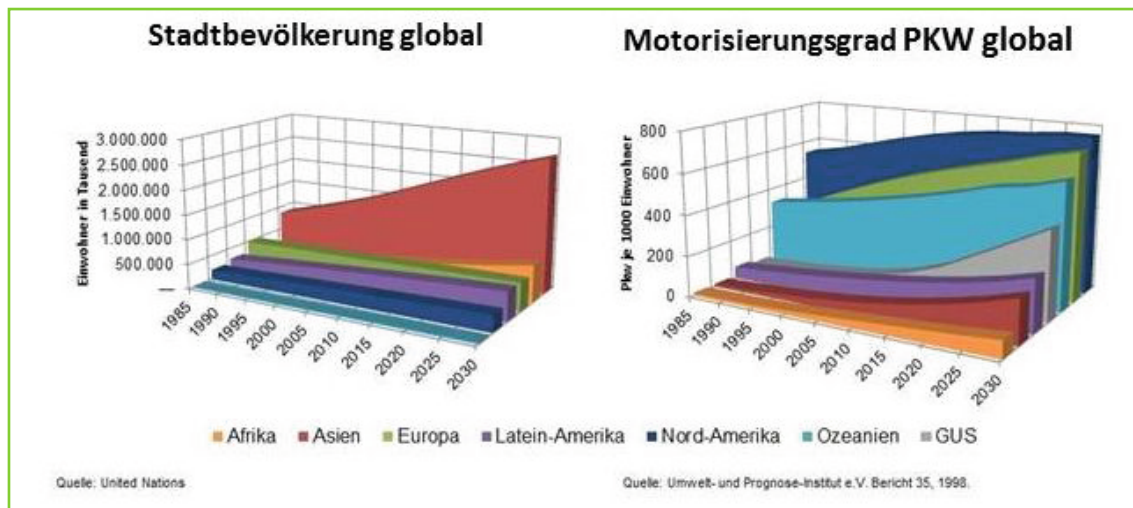


Bild 9: Prognose der Entwicklung der Weltbevölkerung in Milliarden und Entwicklung der Motorisierung⁵⁴⁾

in der Lage ist, die Wende im Energieund im Verkehrssektor zu erreichen vermag, ist von elementarer Bedeutung für die weltweite Einstellung zur Klimawende und zu einem Ausstieg aus dem fossilen Zeitalter.

3.3 Klimaschutz im Verkehr

Im Raumordnungsbericht 2011 des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung wird festgestellt: „Das fossile Zeitalter der Mobilität wird über kurz oder lang durch ein postfossiles Zeitalter abgelöst werden. Beruhte das Wirtschaftswachstum der vergangenen 200 Jahre auf der leichten und billigen Verfügbarkeit von fossilen Energieträgern, werden diese bereits in absehbarer Zukunft nur noch in eingeschränkter Menge und zu deutlich gestiegenen Preisen für Mobilitätsfunktionen zur Verfügung stehen. Es ist deshalb notwendig, die erwartbaren Folgen für die Mobilität von morgen bereits heute in den Blick zu nehmen. Zentrale Schlüsselfragen sind daher, wann mit welchen gravierenden Änderungen bisher bekannter Muster der Verkehrsentwicklung und des Verkehrsverhaltens zu rechnen ist und welche Schlussfolgerungen daraus für den Aus- und Umbau der Verkehrsinfrastruktur zu ziehen sind.“⁵⁵⁾ Damit zeichnet sich ein Systemübergang von der fossilen zur postfossilen Mobilität ab.

Die Energiewende und die Entwicklung der postfossilen Mobilität machen umfassende Verhaltensveränderungen mit neuen Mobilitätsmustern und Verkehrsmitteln, alternativen Antriebe und neuen Verkehrstechnologien erforderlich. Die Frage ist nicht mehr das „ob“, sondern nur noch das „wie“. „Ein neuer Werterahmen ist erforderlich (insbesondere auch bei Bewertungsindikatoren): Mehr Verkehr ist nicht länger besser als weniger Verkehr, weil sonst jeder Umweg ein Vorteil wäre. Vielmehr geht es um Mobilität im Sinne von Beweglichkeit und Bewegung.⁵⁶⁾ Es geht auch um die Frage, ob Stadt- und VerkehrsplanerInnen im Verein mit den BürgerInnen, der Wirtschaft und den politischen EntscheidungsträgerInnen die künftige Entwicklung aktiv gestalten wollen.

54) UN Population Division, World Urbanization Prospects: The 2009 Revision; UPI-Bericht 35, 1995, <http://www.upi-institut.de/images/upi352.gif>

55) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) „Raumordnungsbericht 2011“, Bonn, 2012, S. 9

56) Schindler, J.; Held, M.; Würdemann, G.; 2009; S. 19

3.4 Definition des postfossilen Verkehrs

Nach einer Definition von Schindler, Held und Würdemann ist „Postfossile Mobilität“ die durch erneuerbare Energieträger, hohe Energieeffizienz und Körperkraft ermöglichte Bewegung und Beweglichkeit im Sinne von Potenzialen für die Ortsveränderung von Personen, Gütern und Informationen.⁵⁷⁾

Der postfossile Verkehr – als die Umsetzung der postfossilen Mobilität – ist von der Einsicht in die Notwendigkeit geprägt, sich von der Ressourcenabhängigkeit von Erdölprodukten zu lösen und Emissionen klimaschädlicher Gase zu reduzieren.

3.5 Wechselwirkungen von Verkehrs(angebots)- und Raumstrukturen

Die auch für Deutschland seit mehr als 50 Jahren zu verzeichnende Siedlungsentwicklung mit entdichteten suburbanen Strukturen („Einfamilien“- und „Zweifamilienhausgebiete“) und flächenhaften Arbeitsplatzangeboten am Stadtrand und im Stadtumland sowie den Einkaufs- und Freizeitcentern im Umland sind zum einen Folge des Wohlstandswachstums. Dieses führte zu exponentiell steigenden Wohnflächennachfragen und Wohngrundstücksflächen an peripheren/suburbanen Standorten sowie einem massiven Verkehrswachstum vor allem im motorisierten Individualverkehr. Gleichzeitig führten die steigende individuelle Motorisierung, der Infrastrukturausbau von Autobahnen, Straßen und Bahnsystemen (insb. S-Bahn) sowie die im Verhältnis zum Einkommen geringeren Energiekosten, insbesondere der Treibstoffkosten, in der Vergangenheit dazu, dass suburbane Lebensformen bezahlbar und attraktiv waren. So entstanden Wechselwirkungen zwischen veränderten Lebensvorstellungen und suburbanen Lebensstilen. Die in jüngster Zeit stark gestiegenen Mobilitätskosten müssten nach den üblichen Marktmechanismen zu verstärkten Anreizen zur Vermeidung von motorisiertem Verkehrsaufkommen und Verkehrsaufwänden führen, was allerdings derzeit noch nicht zuverlässig, umfassend und flächendeckend aus den regelmäßigen oder wiederkehrenden Mobilitätsbefragungen des Deutschen Mobilitätspanels (MoP), der Mobilität in Deutschland (MiD) oder dem System der repräsentativer Verkehrserhebungen (SrV) abgeleitet werden kann.






Mit den in jüngster Zeit veränderten Kostenstrukturen für Treibstoffe und Fahrzeuge, geänderten Einstellungen und Präferenzen sowie veränderten Rahmenbedingungen am Arbeitsmarkt (vgl. auch Abschnitt 4.2) wandeln sich diese Rahmenbedingungen derzeit massiv. Durch batterie-elektrisch betriebene Pkw und stark optimierte verbrennungsmotorische Fahrzeugen entstehen Dämpfungen der Mobilitätskosten deren Auswirkungen noch nicht beobachtet oder zuverlässig abgeschätzt werden können. Insbesondere bei den batterieelektrischen Fahrzeugen stehen derzeit die Reichweitenproblematik sowie die hohen Anschaffungskosten einer flächendeckenden Ausbreitung noch entgegen. Die beschriebenen Effekte können die alltägliche Mobilität ebenso bestimmen wie die Wahlen von Haupttätigkeitsstandorten – insbesondere Wohnstandorte/Arbeits- und Ausbildungsplätze, Versorgungs- und Freizeitgelegenheiten. Verkehrsaufwandsreduzierte Wohnstandorte und Aktionsräume sind vor allem an städtischen Standorten zu erreichen.

57) Nach Schindler, J.; Held, M.; Würdemann, G.; 2009; S. 129

Die Renaissance der Städte als Wohnstandort, das heißt insbesondere das Verbleiben von jungen Menschen nach einem Ausbildungs-/Hochschulabschluss in den Städten, ist vor allem durch veränderte Lebensformen und Lebensstile (Alleinstehende, Alleinerziehende, kürzerer Partnerschaften, kleinere Haushalte, wechselnde und kürzere Berufsbiografien) aber auch durch das breitere und bessere Angebot an Einkaufs-, Arbeits-, Bildungs-, Kultur-, Freizeit- und Kontaktgelegenheiten bestimmt. Es ist nicht auszuschließen, dass steigende Mobilitätskosten eine zusätzliche stützende Wirkung für den Reurbanisierungstrend haben. Suburbane Siedlungs- und Raumstrukturen werden zunehmend weniger genutzt, sondern zum Teil durch das Leben in „urbanen“ Strukturen abgelöst. Das Bewusstsein und die Kenntnisse über Relationen von Wohn- und Mobilitätskosten tun dabei ein Übriges.

4 Megatrends und Rahmenbedingungen

Zur Abschätzung der Potenziale und zum Verständnis möglicher Entwicklungspfade auf dem Weg zu postfossilem Verkehr müssen aufgrund der langen Prognosezeiträume dieser Betrachtung folgende Entwicklungen und Rahmenbedingungen einbezogen werden:

-  Entwicklung der politischen Rahmenbedingungen,
-  Demografische Entwicklungen mit quantitativer Abnahme der Bevölkerung und altersstrukturellen sowie soziodemografischen Veränderungen der Zusammensetzung,
-  gesellschaftliche Veränderungen hinsichtlich der Lebensweisen,
-  geänderte Einstellungen und Verhaltensweisen der Mobilitätsnachfrager,
-  geänderte ökonomische Rahmenbedingungen für die Handlungsoptionen privater und öffentlicher Haushalte.

Diese Entwicklungen und Rahmenbedingungen sollen überblickartig dargestellt werden, um die maßgeblichen Treiber und Trends des künftigen Mobilitätsverhaltens und der künftigen Verkehrsentwicklung und -finanzierung zu identifizieren. Sie können nur in engen Grenzen und allenfalls langfristig beeinflusst werden, um postfossile Mobilität zu fördern. In einigen Entwicklungen liegen aber Chancen, neue und alternative Mobilitätsmaßnahmen zu fördern, um gute Bedingungen für ein verändertes Mobilitätsverhalten zu schaffen.

4.1 Entwicklung der politischen Rahmenbedingungen

4.1.1 Entwicklung der Klimaschutzgestaltung

Die internationale Staatengemeinschaft hat im Jahr 1992 beschlossen, anthropogene Störungen des Klimasystems zu verhindern. Zu diesem Zeitpunkt wurden noch keine festen Ziele vereinbart. Der erste Schritt zur Festlegung individueller Klimaziele (Mengen und Zeithorizonte) wurde im Jahre 1997 durch das Kyoto-Protokoll eingeleitet, das von den meisten Staaten, abgesehen von den großen Emittenten USA, China, Kanada, Russland, Australien und einigen kleineren Staaten, im Laufe der Jahre ratifiziert wurde. Dieses Protokoll lief im Jahr 2012 aus und wurde nach zähen Kompromissverhandlungen bis 2017 verlängert.

Aus diesem Grund wurde 2007 auf der 13. Klimaschutzkonferenz in Bali beschlossen, ein neues Klimaschutzabkommen aufzusetzen. Das Abkommen sollte zur 15. Klimaschutzkonferenz 2009 in Kopenhagen beschlossen werden. Dies scheiterte jedoch an den unterschiedlichen Interessen der Länder. Ergebnis der Konferenz ist der „Copenhagen Accord“, eine politische Vereinbarung. Dieser haben sich 140 Staaten angeschlossen, zum Teil unter Vorlage von konkreten Emissionsminderungszielen und -maßnahmen für das Jahr 2020.

Zunächst hatte sich die deutsche Bundesregierung darauf festgelegt, später haben sich auch die Europäische Union und im Dezember 2010 die 194 Mitgliedstaaten in der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen darauf geeinigt, die globale Erwärmung auf max. 2 °C gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung zu begrenzen.⁵⁸⁾

Die Bundesregierung erklärt einen dringenden Handlungsbedarf zur Reduktion klimaschädlicher Treibhausgase. In einer Stellungnahme zur Bewältigung der aktuellen Wirtschaftskrise stellt der Wissenschaftliche Beirat des BMVI u. a. fest: „Eine Neuorientierung des Verkehrssystems in Richtung auf Energieeffizienz, Reduktion von klimarelevanten Emissionen, Reduktion von Feinstaub-, NO_x- und Lärmemissionen ist unter Beachtung der gesamtwirtschaftlichen Effizienzziele dazu ein wichtiger Pfad.“⁵⁹⁾ Allerdings ist die Ausstoßmenge an Treibhausgasen in der Atmosphäre in den letzten Jahrzehnten so groß, dass auch ein sofortiger Stopp des Ausstoßes dieser Gase den Klimawandel nicht mehr aufhalten wird.⁶⁰⁾ Damit wird die dringende Notwendigkeit, Strategien und Maßnahmen zur Senkung der CO₂-Emissionen und zur Anpassung des Verkehrssystems und der mit ihm in Wechselwirkung stehenden Nachbarbereiche zu entwickeln und umzusetzen, noch einmal unterstrichen.

Auf der 16. Klimaschutzkonferenz in Cancún (2010) wurden die getroffenen Vereinbarungen in den „Cancún Agreements“ fixiert. Zudem wurde die Begrenzung des Temperaturanstiegs um 2 °C erstmals als Obergrenze anerkannt.⁶¹⁾ Am 8. Juli 2009 haben sich alle G8-Staaten zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf maximal 2 °C bekannt. Weitere Länder schlossen sich an. Insgesamt 133 Länder stehen zu dem 2-Grad-Ziel. Diese stellen 80 % der Weltbevölkerung und produzieren 75 % der globalen fossilen CO₂-Emissionen. Zur Erreichung des 2-Grad-Zieles müssen in den meisten Ländern bis zum Jahr 2100 die Emissionen auf 2 t CO₂ pro Kopf der Bevölkerung begrenzt werden.⁶²⁾ Auf der 21. Klimaschutzkonferenz 2015 in Paris wurde von der Versammlung ein Klimaabkommen beschlossen, das die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst 1,5 °C vorsieht.

Auch wenn sich die Stimmen und Anzeichen mehren, dass es für die Einhaltung des 2-Grad-Zieles bereits zu spät sein könnte, beginnt man auf den unterschiedlichen Ebenen der räumlichen Planung, die Umsetzung des 2-Grad-Zieles zu betreiben.

58) vgl. auch: Abschnitt 3.2 „Systembedingungen der Klimaentwicklung“

59) Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Verkehrsinfrastrukturpolitik-im-Rahmen-der-weltwirtschaftlichen-Krise.pdf, http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1087814/Zusammenfassung, Zugriff am 18. 05. 2010









60) Michler, Günther (Hrsg.): „Klimaschock, Ursachen, Auswirkungen, Prognosen“, Potsdam, 2010

61) Nach Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2011

62) Zum Vergleich: in den USA wurden 2005 energiebedingt pro Person 20,2 t, in Deutschland 10,4 t CO₂ emittiert – in China waren es 3,7 t, in Indien 1,0 t. Bei einem Flug von Frankfurt nach New York werden pro Person 1,9 t CO₂ erzeugt.

4.1.2 Weißbuch der EU

Das Weißbuch der Europäischen Kommission (2011) für die Verkehrsentwicklung bis 2050 legt als Klimaschutzziel zur Einhaltung des 2-Grad-Zieles eine Reduktion der Treibhausgase um 80 % (im Verkehr um 60 %) gegenüber 1990 zugrunde. Für den Stadtverkehr wird gefordert:

-  Halbierung der Nutzung „mit konventionellem Kraftstoff betriebener PKW“ im Stadtverkehr bis 2030.
-  Vollständiger Verzicht auf solche Fahrzeuge in Städten bis 2050.
-  Erreichung einer im Wesentlichen CO₂-freien Stadtlogistik in größeren städtischen Zentren bis 2030.
-  Höherer Anteil des ÖPNV.
-  Verringerung des Verkehrsaufkommens durch Nachfragesteuerung und Flächennutzungsplanung.
-  Förderung des Fußgänger- und Fahrradverkehrs als integraler Bestandteil städtischer Mobilitätskonzepte.
-  Förderung bedarfsgerechter, kleiner City-Fahrzeuge.
-  Intelligentes Güterverkehrsmanagement und stadtverträgliche LKW auf der letzten Meile.

Weitere Ziele sind u. a. die Verringerung der Anhängigkeit des Verkehrs von Erdöl und Erdölprodukten sowie die Senkung der Unfalltoten bis zum Jahr 2050 auf nahezu Null.⁶³⁾

4.1.3 Klimaschutzgesetz NRW

Die Landesregierung NRW hat Ende Juni 2011 das erste deutsche Klimaschutzgesetz mit verbindlichen Klimaschutzzielen auf den Weg gebracht und am 31. 01. 2013 rechtskräftig verabschiedet. Das Klimaschutzgesetz NRW richtet sich vor allem an Behörden, Verwaltungen usw., aber auch an private oder juristische Personen mit gleichgearteten Aufgaben im öffentlichen Sektor wie z. B. Verkehrsunternehmen. Danach soll die Gesamtsumme aller Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen bis zum Jahr 2020 um 25 % und bis zum Jahr 2050 um 80 % reduziert werden. Das Klimaschutzgesetz fordert in § 3 „Klimaschutzziele“:

„(1) Die Gesamtsumme der Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen soll bis zum Jahr 2020 um mindestens 25 Prozent und bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 Prozent im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 verringert werden.

(2) Zur Verringerung der Treibhausgasemissionen kommen der Steigerung des Ressourcenschutzes, der Ressourcen- und Energieeffizienz, der Energieeinsparung und dem Ausbau Erneuerbarer Energien besondere Bedeutung zu.

(3) Die negativen Auswirkungen des Klimawandels sind durch die Erarbeitung und Umsetzung von sektorspezifischen und auf die jeweilige Region abgestimmten Anpassungsmaßnahmen zu begrenzen.“⁶⁴⁾

63) Europäische Kommission: Weissbuch, Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem, Brüssel (2011)

64) Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Nordrhein-Westfalen (Klimaschutzgesetz NRW) i.d.F. vom 29. 01. 2013

4.2 Demografische Entwicklung

Für Deutschland lässt sich die natürliche demografische Entwicklung bis 2025 sicher und für die nächste Generation das heißt bis 2030/2035 weitgehend sicher prognostizieren. Schwieriger ist die Abschätzung der Wanderungseffekte, die stark von der wirtschaftsstrukturellen Entwicklung in den Teilräumen Deutschlands, Europas und der Welt abhängig ist. Zunächst ist jedoch die Bevölkerungsentwicklung insgesamt hinsichtlich Zahl und Altersstruktur von Bedeutung, denn diese wird Wirkungen für die individuellen und die staatlichen ökonomischen Bedingungen sowie insbesondere für das Verhalten der Menschen haben.

Derzeit stellt die 12. Koordinierte Bevölkerungsvorausrechnung des Statistischen Bundesamtes die jüngste bundesweit konsolidierte und plausibilisierte „amtliche“ Prognose dar. Sie weist zwei Varianten auf, von der die Variante 1-W2 („mittlere“ Bevölkerung Obergrenze) als eine realistisch optimistische angesehen werden kann.⁶⁵⁾ Da diese in vielen weiteren Untersuchungen verwendet wurde, soll sie auch für die in den Abschnitten 7 und 8 vorgestellten Forecast- und Backcast-Szenarien als Basis verwendet werden und daher etwas eingehender beschrieben werden.

Die Variante 1-W2 geht von einer deutlichen Schrumpfung der Gesamtbevölkerungszahl sowie einer spürbaren Änderung der Altersstruktur aus (vgl. Bild 10). Die Bevölkerungszahl im Jahr 2050 ist in etwa mit dem Stand Anfang der 1960er Jahre vergleichbar. Im Jahr 2030 ist die Bevölkerung bezogen auf das Jahr 2009 in Deutschland um 2,7 Mio. Menschen zurückgegangen, im Jahr 2050 beträgt der Rückgang 8,1 Mio. Einwohner.⁶⁶⁾ Gegenüber dem Jahr 2009 weist die Variante 1W2 für das Jahr 2050 einen Bevölkerungsrückgang von ca. –10 % auf. In der Altersstruktur ergeben sich die größten Veränderungen für die Gruppe der 18–25-Jährigen (–31 %) sowie für die Gruppe der 65-Jährigen und Älteren (+39 %) (vgl. Bild 11). Infolge dessen sind u. a. Verschiebungen bei den Wegezwecken und Veränderungen bei der Wegeanzahl, den geleisteten Personenkilometern, der räumlichen Orientierung, dem Verkehrsmittelbesitz und dem Modal Split zu erwarten.

65) Statistisches Bundesamt: „Bevölkerung Deutschlands bis 2060 – Ergebnisse der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung“, Wiesbaden, 2009

66) 2010 bis 2030: –2,5 Mio. Einwohner. Zum Vergleich: Im Forecast-Szenario wird ein Bevölkerungsrückgang von 5,0 Mio. Einwohnern unterstellt (2010 bis 2030).

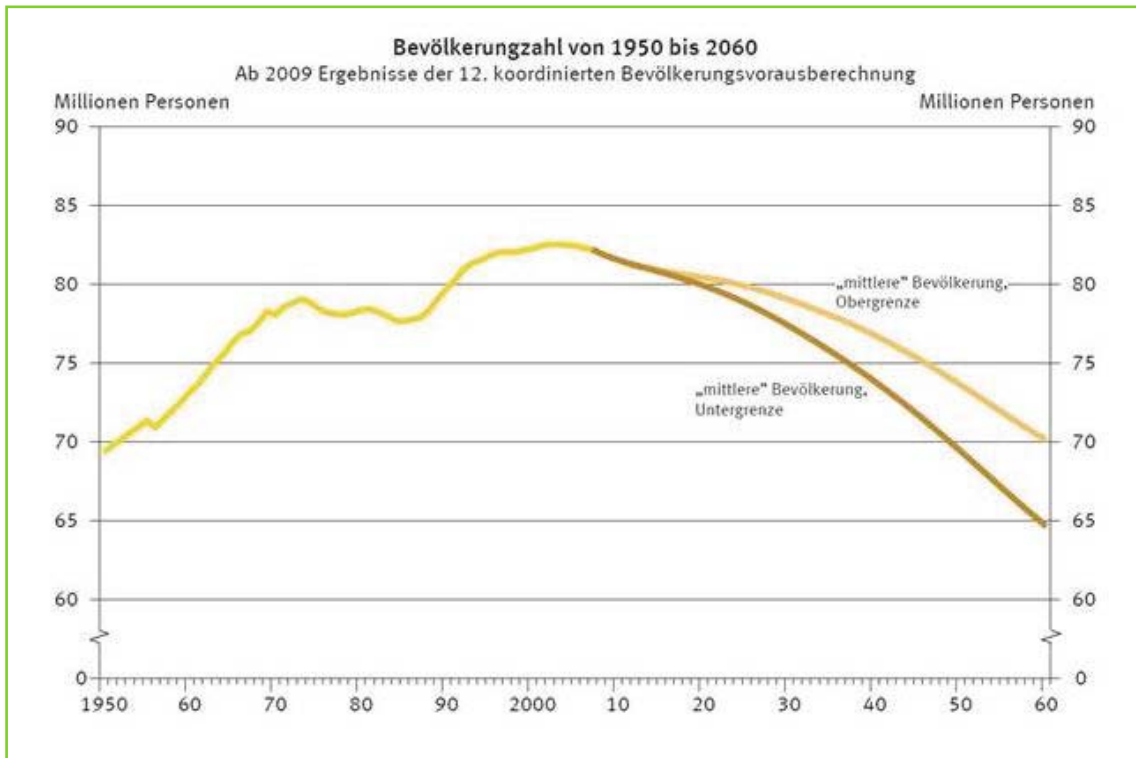


Bild 10: Bevölkerungsentwicklung 1950 – 2060⁶⁷⁾

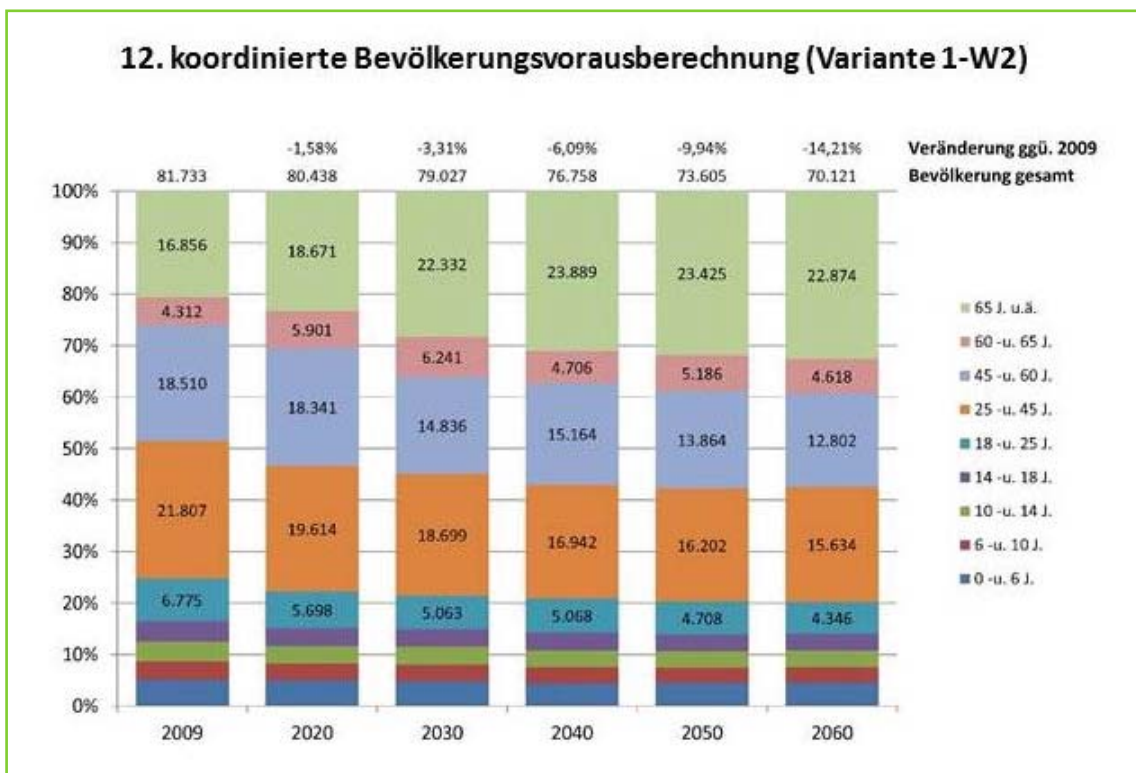


Bild 11: 12. Koordinierte Bevölkerungsvorausrechnung, Altersstruktur⁶⁸⁾

67) Statistisches Bundesamt: „12. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung“, Wiesbaden, 2009

68) Datenquelle: Statistisches Bundesamt: 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung (Variante 1-W2), Wiesbaden, 2009

Die beschriebenen Gesamtentwicklungen werden sich allerdings in Deutschland nicht einheitlich vollziehen, sondern mit großen räumlichen Unterschieden. Das Bild 12 zeigt die räumliche Entwicklung der Bevölkerung bis zu den Jahren 2020 und 2050 bezogen auf das Jahr 2002.

Der Raumordnungsbericht 2011 macht deutlich, dass es noch bis weit in die Zukunft eine Gleichzeitigkeit von wachsenden und schrumpfenden Regionen geben wird, oft räumlich nah beieinander liegend.⁶⁹⁾ Die Schrumpfungsregionen der letzten 20 Jahre bleiben auch weiterhin überwiegend Schrumpfungsregionen. Dies gilt entsprechend für die starken Wachstumsregionen.

Die Alterung der Bevölkerung trifft alle Regionen, aber in unterschiedlichem Ausmaß. Die räumlichen Unterschiede in Alterung, Dichte und wirtschaftlicher Entwicklung werden sich weiter ausdifferenzieren. Es wird nach wie vor Regionen mit Wachstum und überproportionaler Wirtschaftsentwicklung geben. Vor allem die Metropolregionen Westdeutschlands werden bis 2025 noch Einwohnerzuwächse verzeichnen. Daneben entstehen vor allem in den peripheren ländlichen Räumen Schrumpfungsgebiete mit erheblichen Problemen in der Gewährleistung der Teilhabe vor allem der älteren Menschen. Der Raumordnungsbericht 2011⁷⁰⁾ verknüpft die demografische Entwicklung zur Bestimmung von räumlichen Disparitäten mit weiteren Faktoren und kommt zu dem Ergebnis, dass davon auszugehen ist, dass sich bestehende Disparitäten in einzelnen Versorgungsbereichen zukünftig weiter verschärfen werden. „Die mit dem Bevölkerungsrückgang einhergehende Abnahme der Siedlungsdichte stellt insbesondere dünn besiedelte ländliche Regionen bei der Infrastrukturversorgung vor große Probleme.

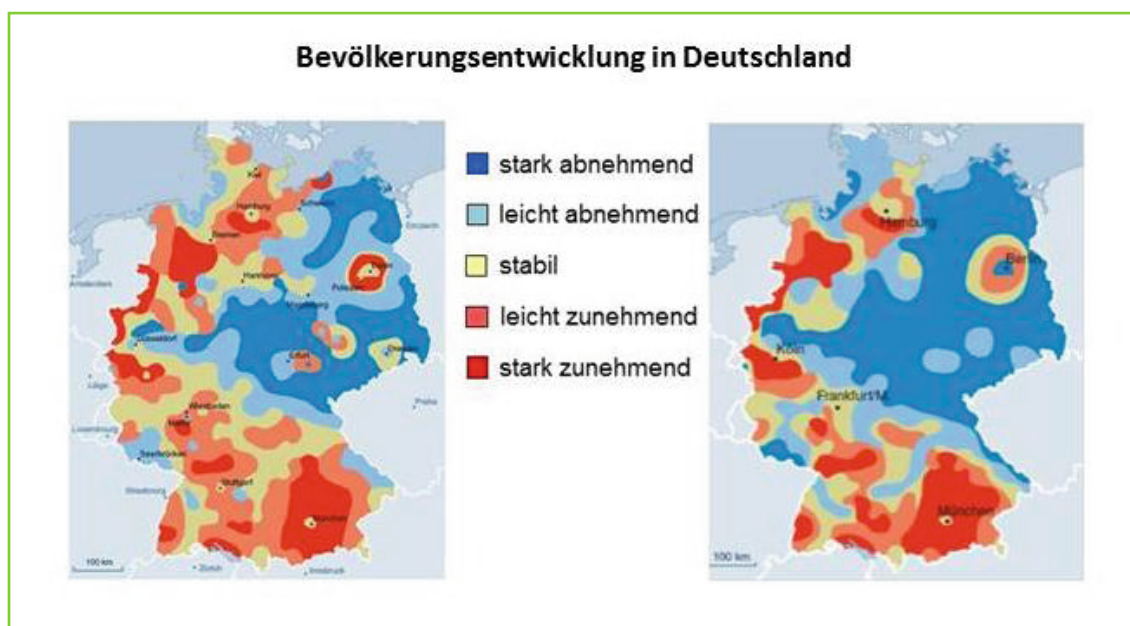


Bild 12: Prognose der Bevölkerungsentwicklung in Deutschland 2002 – 2020 und 2002 – 2050⁷¹⁾

69) Vgl. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) „Raumordnungsbericht 2011“, Bonn, 2012, S. 8

70) Vgl. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.), 2012, S. 16 ff.

71) Quelle: BBR-Bevölkerungsprognose 2004 aus „ROB 2005“, Bonn, 2005, S. 32, S. 33

Die demografische Entwicklung wird zu einem Konsequenzen auf die privaten und öffentlichen Budgets sowie die ökonomische Entwicklung haben, fällt aber darüber hinaus mit gesellschaftlichen Veränderungen sowie sich wandelnden Präferenzen zusammen. Insofern sollen diese zunächst beschrieben werden, bevor ein Gesamtbild der Wandelprozesse und der sich daraus ergebenden Konsequenzen als Basis für die Szenarien dargestellt wird.

4.3 Gesellschaftliche Veränderungen

Individualisierung und Multilokalität

Haushaltsstrukturen, Lebensformen und Lebensweisen, aber auch Werte und Einstellungen haben sich in den vergangenen Jahren spürbar verändert und werden sich weiter verändern. Auch diese Entwicklungen zeigen wesentliche Wirkungen für das Mobilitäts- und Verkehrsverhalten der Menschen. Veränderte sozioökonomische Rahmenbedingungen, persönliche Einstellungen und technologische Entwicklungen sind die maßgeblichen Treiber dieser Entwicklungen. Prozesse der Lockerung von Standortbedingungen – auch durch den nach wie vor anhaltenden Ausbau der Verkehrssysteme –, mehren die Freiheitsgrade und Optionsvielfalt. „Analog zu modernen Unternehmen, die ihre Wertschöpfungskette in immer spezialisiertere Subprozesse fragmentieren, um diese je nach Kostenvorteil geografisch optimal zu verschieben, werden Lebensstile zu einer Ereigniskette räumlich verteilter Austragungsorte der individuellen Steigerung. Dies betrifft längst nicht mehr nur den Urlaub, sondern auch die Bildung, die soziale Vernetzung, die Fernbeziehung, das politische Engagement, künstlerische Betätigung, den beruflichen Alltag, das Shopping, sportliche Aktivitäten, jedwede Freizeitgestaltung bis hin zu einem innereuropäischen Party- und Club-Tourismus“.⁷²⁾

Als Folge veränderter persönlicher Einstellungen und Präferenzen ist eine „Individualisierung“ bzw. der Trend zum Single-Dasein festzustellen. Die Bindungsquote der Menschen sinkt, die Zahl kleinerer Haushalte nimmt zu und die Lebensformen mit einem starken Zuwachs eines eher ungebundenen Zusammenlebens fächern sich breiter auf. Lebte 2011 jeder Fünfte in einem Ein-Personen-Haushalt, wird es nach Schätzungen des Statistischen Bundesamtes 2030 fast ein Viertel der Bevölkerung sein. Geringere Bindungen, häufiger Arbeitsplatzwechsel infolge weniger unbefristeter Beschäftigungsverhältnisse oder einem Arbeitsplatzwechsel zu Nutzung von Karrierechancen führen zu „Multilokalitäten“⁷³⁾ und bedingen ein multioptionales Verhalten. Bild 13 zeigt die prognostizierte Entwicklung der Haushaltsgrößen bis 2025. Während die Bevölkerungszahl einen Rückgang aufweist, wird ein Anstieg der Zahl der Haushalte erwartet. Dies lässt sich durch nach wie vor anhaltende Abnahmen der Zahl der Personen in Haushalten erklären. Geringere Eheschließungsraten und steigende Scheidungsraten führen zu dieser Entwicklung, deren Konsequenz eine wachsende Anzahl alleinerziehender Personen, kinderloser Paare und alleinlebender Menschen ist (Bild 13).

72) Paech, N.: Befreiung vom Überfluss – Auf dem Weg in die Postwachstumsökonomie, S. 16, ISBN 978-3-86581-181-3, oekom verlag, München 2012, oekom verlag 2012

73) Das heißt, die Beschäftigten leben auf der einen Seite unter der Woche am Arbeitsort und pendeln zum Wochenende zur Familie oder in die Heimat

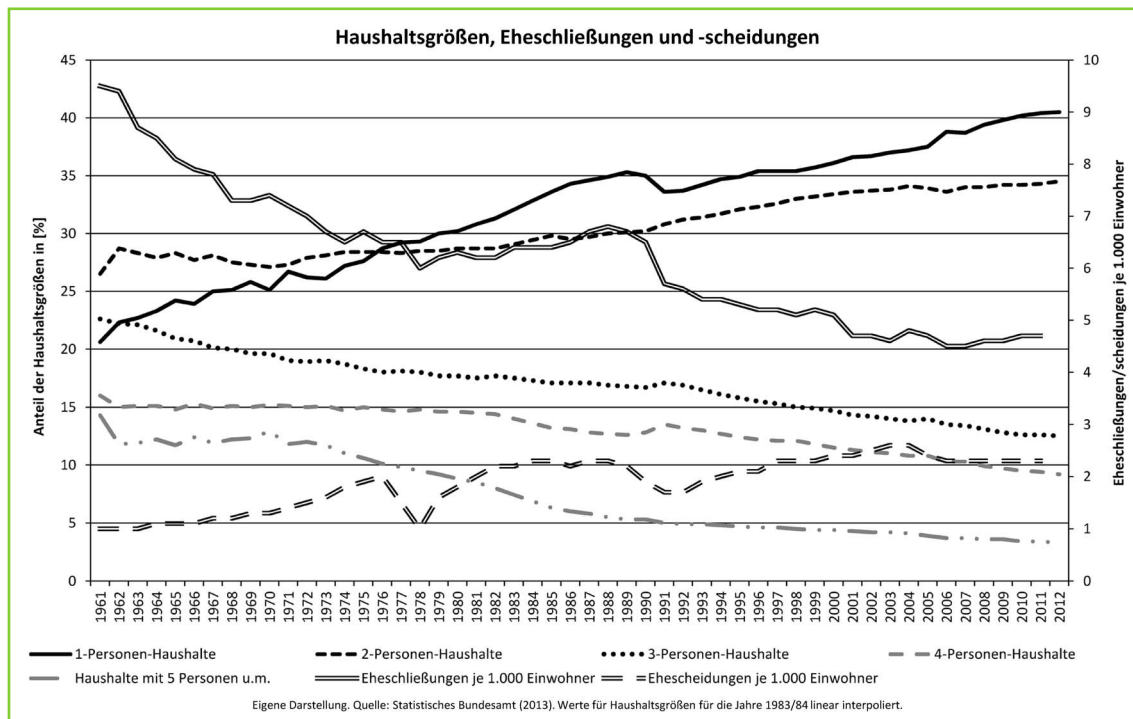


Bild 13: Haushaltsgrößen, Eheschließungen und Ehescheidungen⁷⁴⁾

Als Folge dieser Entwicklung differenzieren sich Arbeits- und Beschäftigungsverhältnisse, Wohnformen, Wohnstandorte und Wohnungsbedarf sowie das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung weiter aus. Zunehmend werden städtische/stadtregionale Wohnstandorte aufgrund der Vielfalt an Wahlmöglichkeiten der Arbeitsplätze, Einkaufs- und Freizeitmöglichkeiten sowie vielfältigen Bildungsangeboten, aber auch der „urbanen“ Kontakt- und Verhaltensmöglichkeiten sowie der vielfältigeren und besseren Mobilitätschancen und Erreichbarkeiten bevorzugt. Die Anforderungen aber auch Ansprüche an die räumliche und zeitliche Flexibilität oder die Erreichbarkeit wachsen mit Wirkungen auf die Nachfrage nach Verkehrsinfrastrukturen und auf die Gestaltung der Verkehrsangebote.

Individualisierung und Flexibilisierung können durch die Entzerrung der Nachfragespitzen eine Reduzierung von Staus im MIV oder der Überlast im ÖPNV bewirken. Es können aber auch verstärkte Konzentrationen in den Spitzen eintreten. Infolge der Multilokalitäten ist mit überproportional wachsenden Verkehrsströmen etwa an Freitagen und Sonn-/Montagen zu rechnen, was sich auf den Straßen mit Verbindungsfunktion in zunehmenden Staus sowie in Engpässen im Bahn- und Luftverkehr bemerkbar macht.

Diese Individualisierung findet sich auch im Güterverkehr. Räumlich entgrenzte Handels- und Produktionsketten (e-Commerce, Internethandel usw.) sind das Ergebnis globaler Harmonisierungs- und Integrationsbestrebungen mit dem Ziel eines maximalen Wachstums an Wertschöpfung. Da die Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und

74) Quelle: Statistisches Bundesamt 2013

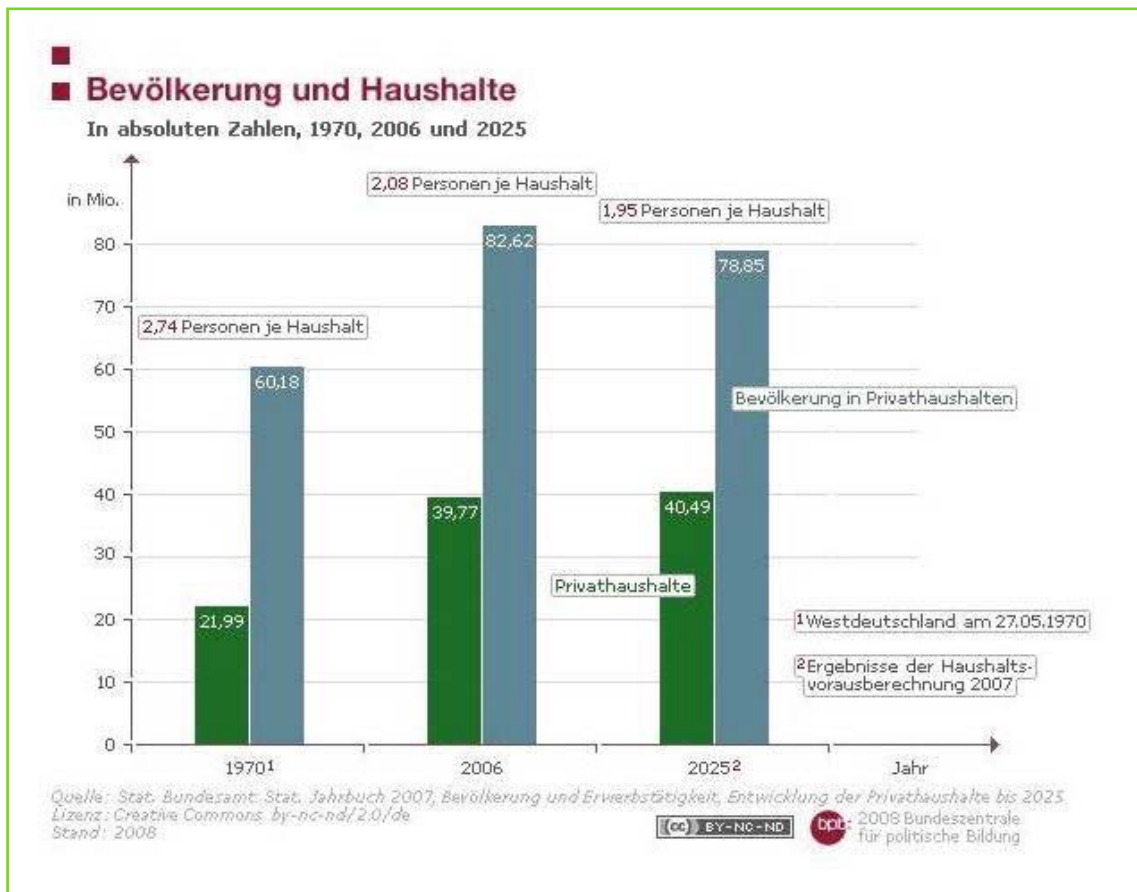


Bild 14: Entwicklung und Entwicklungsprognose der Zahl der Privathaushalte, der Bevölkerung in Privathaushalten und der Anzahl der Personen pro Haushalt⁷⁵⁾

Güterverkehrsentwicklung bisher nicht gelungen zu sein scheint, gehen diese Entwicklungen mit einem überproportionalen Wachstum an Wirtschafts- und Güterverkehr einher. Diese Prozesse begünstigen die Nachfrage nach Straßengüterverkehr und benachteiligen die Massengüterträger. Sie führen zu einer Zunahme des auf Endkunden, das heißt haushaltsbezogenen Lieferverkehrs – mit zeitlicher und räumlicher Ausdehnung.

Entwicklung in die Fläche, Suburbanisierung und reurbane Entwicklung

Die Alterung der Gesellschaft und die sozioökonomischen Bedingungen der Einsteiger in das Berufsleben begünstigen räumliche Neuorientierungen. In den attraktiven Ballungsräumen wächst die Nachfrage nach kleineren Wohnungen, während gleichzeitig in den weniger vitalen und ländlichen Regionen die Nachfrage weiter nachlässt. In einer Reihe von Ballungsräumen ist der Trend zur Suburbanisierung in eine reurbane Entwicklung umgeschlagen. Sogenannte „bewusste Stadtbewohner“⁷⁶⁾ nehmen Standortnachteile wie höhere Wohnkosten, allerdings bei gleichzeitig geringeren Wegekosten, schlechtere Luftqualität oder eine höhere Lärmbelastung in Kauf. Mit der Ausdifferenzierung der Wohnungsangebote und der Verbesserung der städtischen Umweltqualität gewinnen

75) Quelle: Bundeszentrale für Politische Bildung, 2008, <http://www.bpb.de/cache/images/5/61585-1x2-orginal.gif?1993E>





76) BMVBS Online-Publikation 1/2012, Chancen des ÖPNV in Zeiten einer Renaissance der Städte; Herausgeber BMVBS, Bearbeitung ISB

diese Standorte weiter an Attraktivität. Die Renaissance der Städte als Wohnstandorte, als hochwertige Arbeitsplatzstandorte, als Kultur-, Bildung- und Freizeitstandorte ermöglicht verkehrsaufwandsreduzierte Lebensweisen mit vielfältigen Wahloptionen in Beruf, Ausbildung, Konsum, Freizeit, sozialen Kontakten und Wohnformen. Eine Tendenz der Re-Urbanisierung, das heißt des Rück-Wanderns in Städte kann derzeit allenfalls vermutet, aber kaum empirisch belegt werden. Vielmehr ist ein Verbleiben in Städten auch in Phasen erster Partnerschaften und von Familiengründungen festzustellen. Diese Gegebenheiten gelten für Metropolen, Groß- und Mittelstädte ähnlich.

Auch multilokale Lebensführungen sind zumeist stärker auf die Kernstädte orientiert, da dort Arbeitsplatzangebote ebenso vielfältig sind wie Versorgungs-, Dienstleistungs- und Freizeitangebote sowie Fern-Erreichbarkeitsqualitäten (Flugplätze, Bahnhöfe von Hochgeschwindigkeitszügen, Autobahnen).

Zum Teil ziehen finanzkräftige Rentner-/Pensionärshaushalte in attraktive Metropolen und Großstädte, da dort vielfältige Kultur- und Freizeitangebote bestehen.

Damit werden urbane Mobilitätsformen zunehmen, die gekennzeichnet sind durch

-  geringere Haushaltsmotorisierung,
-  mehr Wege mit den ÖPNV und mehr nicht motorisierte Wege,
-  multi- und intermodale Mobilitätsmuster,
-  geringere Verkehrsaufwände – insbesondere individuell motorisiert.

Dies ergibt Chancen für neue Mobilitätsangebote wie standortfestes und standortungebundenes Car-Sharing, Einsatz von Pedelec und Hybrid-Pkw oder batterie-elektrische Pkw und kann insgesamt zu einem stark reduzierten Treibstoffbedarf für Mobilität führen.

Dennoch muss festgestellt werden, dass nach wie vor, wenn auch sich abschwächend, suburbane Entwicklungen und Wachstum in die Fläche mit Folgen für die Verkehrsentwicklung zu verzeichnen sind. „Durch die Veränderungen der regionalen Siedlungsstrukturen infolge der anhaltenden Bevölkerungs- und Arbeitsplatzsuburbanisierung erhöht sich die Autoorientierung in der Bevölkerung und sinkt die Zahl der zu Fuß oder mit dem Fahrrad erreichbaren Ziele.“ (...) „Aufgrund der regional unterschiedlich geprägten demografischen sowie wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ergeben sich große regionale Unterschiede in Bezug auf das Verkehrswachstum in den Teilräumen. Räume mit stark wachsendem Aufkommen stehen Raumen mit deutlichem Rückgang gegenüber.“⁷⁷⁾

77) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.), 2012, S. 75

4.4 Geänderte Einstellungen und Verhaltensweisen der Mobilitätsnachfrager

Veränderungen in der Verkehrsnachfrage der Senioren

Die alternde Gesellschaft zeigt ein verändertes Mobilitätsverhalten. Effekte der Alterung der Bevölkerung sind Veränderungen in der Verkehrsmittelwahl (Modal Split), in der Zielwahl (Freizeit-/Versorgungs-/Einkaufs- und Bildungsziele vor Arbeitsstätten, mit zunehmendem Alter Bedeutungszuwachs der Nahmobilität) und in der zeitlichen Gestaltung der Wege und Reisen (Verflachung der Tagesganglinien).

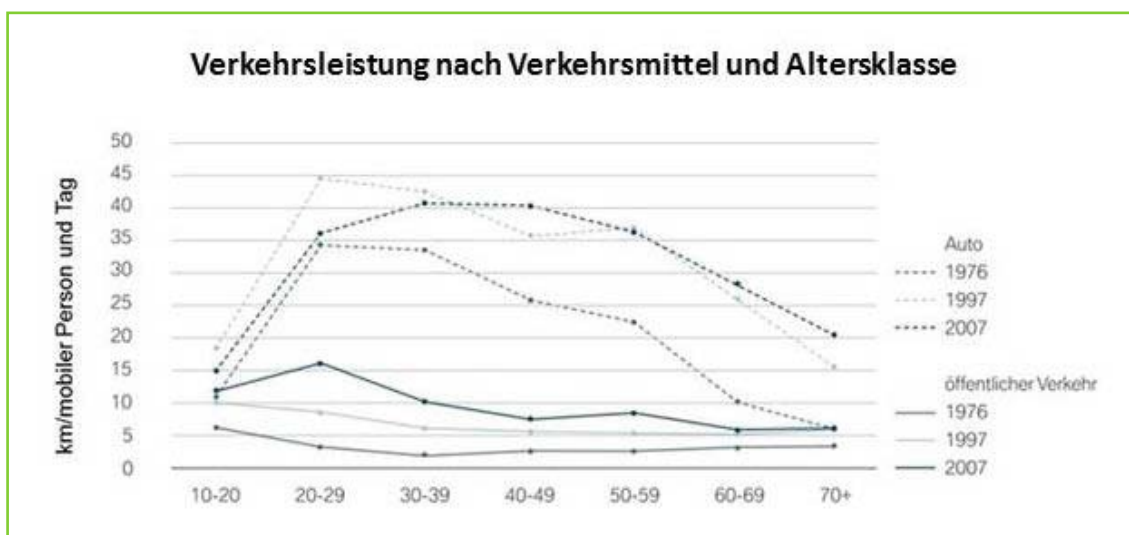


Bild 15: Verkehrsleistung nach Verkehrsmittel und Altersklasse⁷⁸⁾

Auch wenn heute noch davon auszugehen ist, dass es durch den höheren Grad an Führerscheinbesitz z. B. der in die Rente gehenden Frauen und eine starke Autoaffinität der geburtenstarken Jahrgänge, die ihr Mobilitätsverhalten mit ins Alter nehmen, noch länger eine steigende Bedeutung der automobilen Mobilität geben wird, werden ab 2030 die Kohorteneffekte der demografischen Entwicklung im Autoverkehr deutlicher in Erscheinung treten. Hier wächst die Bedeutung des Umweltverbundes.

Veränderungen in der Verkehrsnachfrage der Stadtbewohner

Die Verkehrsmittelwahl wird vom Verkehrsangebot und den persönlichen Präferenzen der Verkehrsteilnehmer bestimmt. Insofern besitzen Stadtbewohner wegen des guten ÖPNV-Angebotes, der besseren nichtmotorisierten Erreichbarkeit von Nutzungsmöglichkeiten und fehlender Stellflächen (z. B. in dicht bebauten Gründerzeitvierteln) seltener ein Auto als Bewohner in ländlichen Gebieten. Die Nutzungshäufigkeit des ÖPNV ist in Städten höher, da in kompakten Siedlungsstrukturen und bei besserer Erreichbarkeit mit dem Umweltverbund der Pkw seltener benötigt wird. Außerdem nehmen Bindungen an bestimmte Verkehrsmittel und deren regelmäßige und dauerhafte Nutzung durch einzelne Personen ab. Während in der Vergangenheit „Voll-Erwerbstätigkeit des Haushaltsvorstandes“ und „PKW-Nutzung durch diesen“ gleichgesetzt werden konnte, zeigen sich heute flexiblere und multimodale Mobilitätsmuster. So gewinnen z. B. das Fahrrad auch in Kombination mit dem ÖPNV, Fahrgemeinschaften oder CarSharing

78) Eigene Darstellung nach Institut für Mobilitätsforschung; Mobilität junger Menschen im Wandel, 2011

sogar im Berufsverkehr an Bedeutung. Dabei vereinigt gerade der Radverkehr mehrere Vorteile (z. B. hohe Umweltverträglichkeit durch Null-Emission, Förderung der Gesundheit, niedrige Kosten, hohe Flexibilität, hohe Verfügbarkeit, im Vergleich zum motorisierten Verkehr platzsparend). Dies zeichnet sich auch an einem wachsenden Interesse am Aus- bzw. Aufbau leistungsfähiger Radverkehrsinfrastrukturen ab (z. B. Trassenprogramme, Radschnellwege). Der Radverkehr ist somit für den postfossilen Verkehr von zentraler Bedeutung.

Die Anteile der Wegezwecke verschieben sich grundsätzlich und vor allem nach Ausscheiden aus dem Erwerbsprozess. Die Zwecke Freizeit und Einkaufen gewinnen gegenüber dem Berufsverkehr an Bedeutung. Die Wege zur Arbeit (Ausübung des Berufs), zur Ausbildung sowie die Dienstwege machen mit 29 % den geringeren Teil aller Wege aus mit allerdings einer sehr hohen Verkehrsleistung. Die zeitlich und räumlich disponiblen Wege zu den Zwecken Einkauf, Freizeit und private Erledigung dominieren mit 62 % aller Wege das Verkehrsgeschehen. Die disponiblen Wege und Hol- und Bringfahrten⁷⁹⁾ gewinnen aufgrund einer stärkeren Erwerbsbeteiligung und stärker ausdifferenzierter Freizeitformen auch der Kinder an Bedeutung. Von betreuenden Familienangehörigen werden Hol- und Bringdienste für ältere Menschen übernommen. Daher werden in Haushalten, die über kein oder nur ein Fahrzeug verfügen, klassische Mobilitätsmuster angepasst. Neue Mobilitätsformen und Organisationsangebote, welche die Multimodalität und die flexible Nutzung der Verkehrsmittel fördern, wie informative App-Dienste, E-Ticketing oder CarSharing, gewinnen an Bedeutung. Derzeit werden Systeme entwickelt, die pre- und ontrip-Reiseinformationen mit einem multimodalen Ticketing verknüpfen.

Zudem wechseln die Mitglieder eines Haushalts die verfügbaren Verkehrsmittel stärker untereinander, wodurch sich die erforderliche räumliche und zeitliche Flexibilität auch bei geringerer Motorisierung sicherstellen lässt.

Veränderungen in der Verkehrsnachfrage junger Erwachsener

In den Industrieländern scheint sich in Verbindung mit der stärker multimodalen Orientierung in der Mobilität junger Menschen eine neue Entwicklung zu weniger Autodominierten Lebensstilen abzuzeichnen. Bei der Gruppe der jungen Menschen handelt es sich um eine sehr pragmatisch handelnde Gruppe, die eine optimistische Grundhaltung aufweist, der aber auch der Klimawandel als Problemfeld bewusst ist⁸⁰⁾. So wird das Verkehrsmittelwahlverhalten als bewusste Konsumententscheidung aufgefasst und der Besitz eines Autos wird nicht länger als Statussymbol oder als ein unverzichtbarer Bestandteil von Lebensqualität angesehen. Stattdessen rücken andere Konsumgüter wie z. B. Elektronik, Kleidung, Bildung, Reisen oder Kultur in den Mittelpunkt.⁸¹⁾ In Bezug auf den Klimaschutz gaben im Rahmen der Shell-Jugendstudie 2010 44 % der Befragten an, „häufiger mit dem Fahrrad zu fahren und das Auto stehen zu lassen und 39 % entscheiden sich für ein kleineres Auto mit geringerem Verbrauch“⁸²⁾. Hinzu kommt, dass die Nutzung moderner Kommunikations- und Informationssysteme (z. B. Smartphones) für die jungen Erwachsenen zum Alltag gehört. Der Umgang mit elektro-

79) in der MiD unter private Erledigung erfasst

80) Vgl. 16. Shell Jugendstudie – Jugend 2010: Eine pragmatische Generation behauptet sich

81) Vgl. Roland Berger: Automotive landscape 2025: Opportunities and challenges ahead, 2011

82) Vgl. 16. Shell Jugendstudie – Jugend 2010: Eine pragmatische Generation behauptet sich

nischen Bestell- und Bezahlssystemen ist weitestgehend bekannt und akzeptiert. Durch die erzielten Informationsgewinne (z. B. zu Fahrtkosten, Reisezeiten, Stau- und Verspätungsmeldungen) und die einfachen Zugangsmöglichkeiten erfahren Mobilitätsdienstleister (ÖV, Carsharing usw.) einen Imagewandel und Bedeutungsgewinn zugleich als Alternative zum Auto. Gleichwohl werden Kosten und Nutzen weiterhin sorgfältig abgewogen.

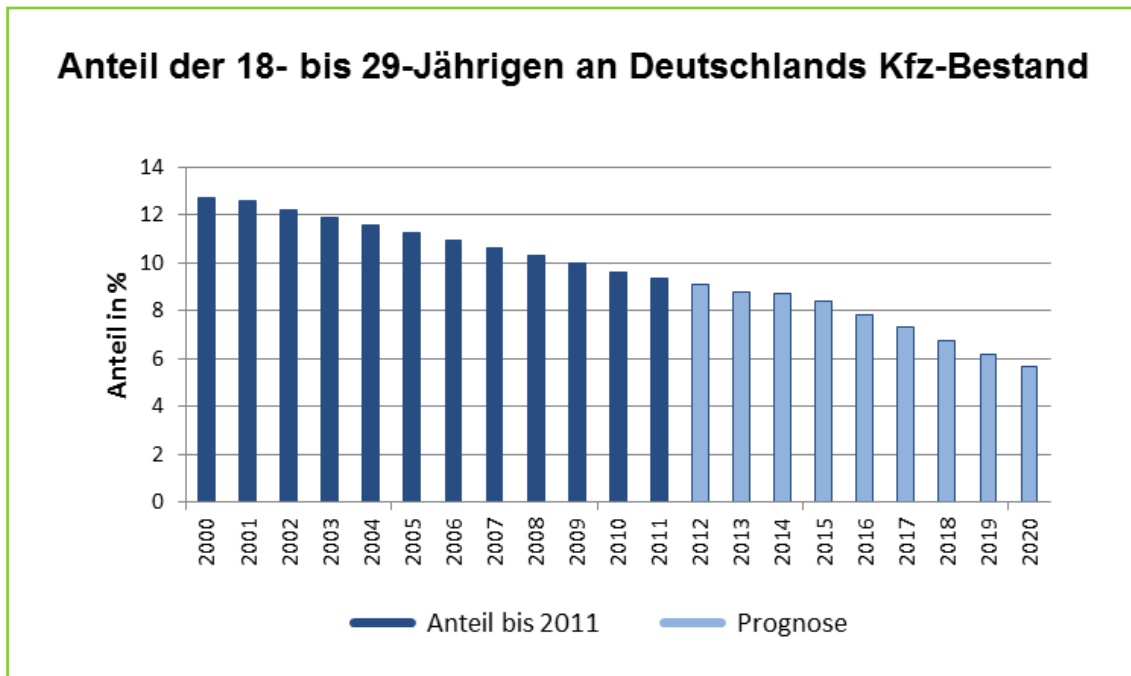


Bild 16: Entwicklungsprognose für den PKW-Besitz junger Erwachsener in Deutschland⁸³⁾

„Während der Führerscheinbesitz junger Erwachsener in Deutschland in den letzten Jahren stagniert, ist der PKW-Besitz junger Haushalte (Haushalte, in denen alle Personen jünger als 35 sind) deutlich gesunken. 1998 hatten 80 % der jungen Haushalte einen PKW. Dieser Anteil ist bis 2008 um ein Zehntel auf 72 % zurückgegangen. Besonders Personen in der Lebensphase zwischen Auszug bei den Eltern und Gründung der eigenen Familie haben heute weniger PKW als vor zehn Jahren. Die PKW-Kilometer junger Erwachsener sind noch deutlicher zurückgegangen als ihr PKW-Besitz“.⁸⁴⁾ Allerdings ist dazu ebenfalls festzustellen, dass sich dieses in erster Linie in den Ballungsräumen und Zentralorten so darstellt. Ursachen dafür können die ökonomische Situation der jungen Erwachsenen (geringere Erwerbsbeteiligung, geringere Einkommen), die Konzentration der Wohnstandorte der jungen Erwachsenen zum Zwecke einer höheren (Aus-)Bildung in den Kernstädten (Universitäten und Fachhochschulen) und das gute ÖPNV-Angebot dort sowie Statusverschiebungen (mehr Studierende, und diese verfügen inzwischen regelmäßig und automatisch über ÖPNV-Dauerkarten) sein.

83) Eigene Darstellung nach: „ADAC Motorwelt“ 12/2011; RWE

84) Kuhnimhof, 2012, S. 53

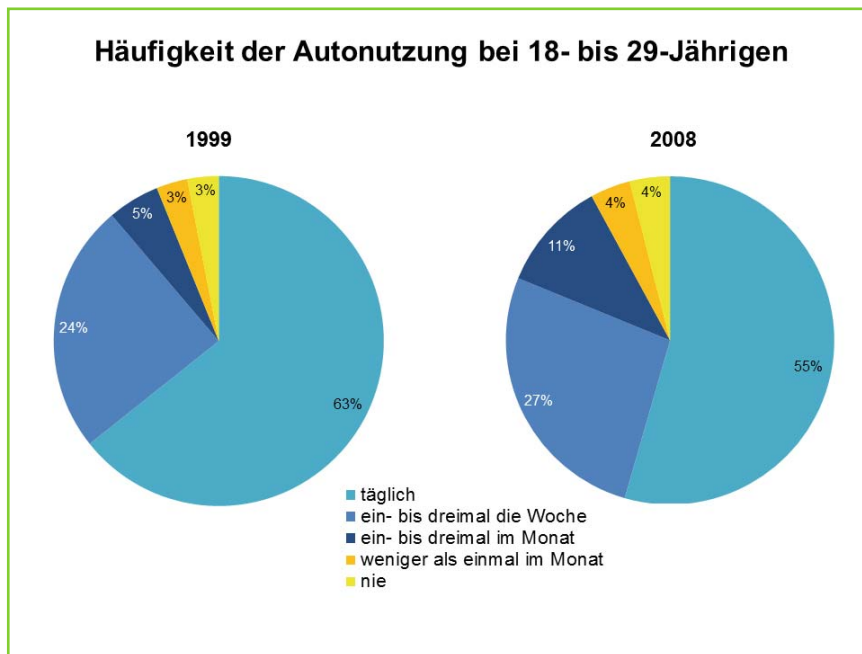


Bild 17: Veränderung der Häufigkeit der Automobilnutzung bei 18 – 29-Jährigen 1999 und 2008⁸⁵⁾

Veränderungen der Verkehrsangebote im ländlichen Raum

Der demografische Wandel mit Alterung und Bevölkerungsrückgang hat vor allem in ländlichen Räumen weitgehende Auswirkungen für die Gestaltung der Angebote der Grundversorgung und der Daseinsvorsorge. „Der allgemeine Trend der Liberalisierung und Privatisierung bei der Erbringung von Daseinsvorsorgeleistungen führt dazu, dass sich der Staat auf eine Gewährleistungsverantwortung für immer mehr Dienste und Einrichtungen zurückzieht und die Leistungserbringung Privaten überlässt. Deren unternehmerisches Handeln ist stärker vom Ziel der Gewinnmaximierung geleitet, was nicht nur eine effizientere Organisation der Dienstleistungen nach sich zieht, sondern vielfach auch zu einer Verschlechterung des Angebots in der Fläche führt. Unrentable Einrichtungen werden aufgegeben und kleine Filialen in große Einrichtungen integriert.“⁸⁶⁾

Die wenigen jungen Menschen finden im ländlichen Raum kaum qualifizierte Arbeitsplätze und keine für sie attraktiven Lebensbedingungen. Durch den starken Bevölkerungsrückgang in dünn besiedelten und altindustrialisierten Regionen entsteht für die Angebote der Daseinsvorsorge großer Druck zur Anpassung an die gewandelte Nachfrageentwicklung und -struktur. Dies betrifft sowohl die Frage der Grundversorgung der älteren Bevölkerungsteile mit Mobilitätsdienstleistungen, als auch die Fragen der Bedienbarkeit von Schülerverkehren und von Mobilitätsbedürfnissen der Jugendlichen und der jungen Erwachsenen.⁸⁷⁾ Der Raumordnungsbericht 2011 fordert hier eine Diskussion über Mindeststandards der Daseinsvorsorge. Hierbei weist er auf die Bedeutung der Gewährleistung der Mobilitätsbedingungen im öffentlichen Personenverkehr für die dünn besiedelten peripheren Regionen gesondert hin. Der Umgang mit Schrumpfung stellt besondere Anforderungen an die Bereitstellung von Angeboten nachfrageorientierter, flexibler und alternativer Bedienungsformen.

85) Eigene Darstellung nach „Der Fahrgast“ 2/2012; BMVBS (2003 & 2009)

86) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.), 2012, S. 31

87) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.), 2012, S. 29

„Die Auswirkungen des demografischen Wandels machen gravierende Anpassungen des Daseinsvorsorgeangebots an die gewandelte Nachfrageentwicklung und -struktur erforderlich. [...] Die stark alternde Bevölkerung, die Verringerung des Anteils von Kindern und jungen Erwachsenen, die Vereinzelung der Bevölkerung in kleineren Haushalten sowie die Internationalisierung führen zu einer quantitativen und qualitativen Verschiebung der Nachfrage. Die Folgen haben längst zu einem Paradigmenwechsel in der Daseinsvorsorgeplanung geführt – im Sinne von „Umbau statt Zuwachs“.⁸⁸⁾

Ökonomische Lage der privaten und öffentlichen Haushalte

Für die Perspektive einer postfossilen Mobilität ist die zu erwartende Entwicklung von Einkommen, Preisen und Ausgabebereitschaft bzw. -zwängen für verschiedene Zwecke und die Entwicklung der öffentlichen Haushalte von Bedeutung. Dabei spielen insbesondere gesetzliche Randbedingungen bei den Steuern und Abgaben, die Preisentwicklung für unterschiedliche Güter sowie die Randbedingungen für öffentliche Budgets wie die „Schuldenbremse“, Refinanzierungserfordernisse oder Kapitaldeckungen eine maßgebliche Rolle.

Infolge der demografischen Entwicklung ist zu erwarten, dass die Kosten für die Sozialversicherung sowie die Abgabenquote (Steuern und Gebühren) eher steigen werden. Immer weniger junge Menschen müssen immer mehr ältere Menschen finanzieren (Remanenzeffekte). Ein höherer Anteil älterer Menschen und damit Leistungsempfänger an der Gesamtbevölkerung, der mit dem medizinischen Fortschritt einhergehende Kostenanstieg im Gesundheitswesen sowie die Verschuldungsquote der öffentlichen Haushalte lassen erwarten, dass auch von dieser Seite die frei verfügbaren Einkommen eingeschränkt werden. Andererseits lassen sinkende staatliche Zuschüsse, die nicht mehr durchgängigen Erwerbsbiografien und damit reduzierte Einzahlungen in die Sozial- und Rentenversicherungen sowie die zunehmenden Spreizungen zwischen Pflichtmitgliedern und Nicht-Mitgliedern in den Sozialsystemen erwarten, dass die Auszahlungsniveaus nach unten angepasst werden, das heißt Rentenkürzungen und höhere Eigenbeteiligungen bei den Gesundheitsausgaben resultieren. Damit ist in der Folge zu erwarten, dass die frei verfügbaren Budgets für Mobilität und Freizeit sinken werden. Zudem kann eine Sanierung der öffentlichen Haushalte auch bei drastischen Ausgabenreduzierungen kaum ohne eine Verbreiterung der Einnahmehasis gelingen. Diese werden in sehr breit angelegten Analysen (vgl. Daehre-Kommission) gesucht. Es ist zu vermuten, dass die Politik in den nächsten Legislaturperioden die „Nutzerfinanzierung“ stärker in den Vordergrund stellen wird.

Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass zukünftig eine stärkere Besteuerung von Rentnerinnen und Rentnern erwartet werden muss, um insbesondere auf der kommunalen Ebene keine drastischen Einnahmeverluste zu erleiden. Die heute vorhandene Basis der Kommunalfinanzierung aus Einkommensteuerzuweisungen sowie einwohnerbezogener Schlüsselzuweisungen wird also angesichts geringerer Zahlen von Erwerbstätigen und Einwohnern schmaler. Hier zeigen sich umfassende Wirkungen des sogenannten „demografischen Faktors“ Alterung auf die öffentlichen wie auch privaten Budgets.

Entwicklung der Mobilitätskosten

Die Preise für Kraft- und Schmierstoffe sind in den letzten Jahren massiv und überproportional zu den Verbraucherpreisen und den Bruttogehältern angestiegen (vgl. Bild 18).

88) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.), 2012, S. 29

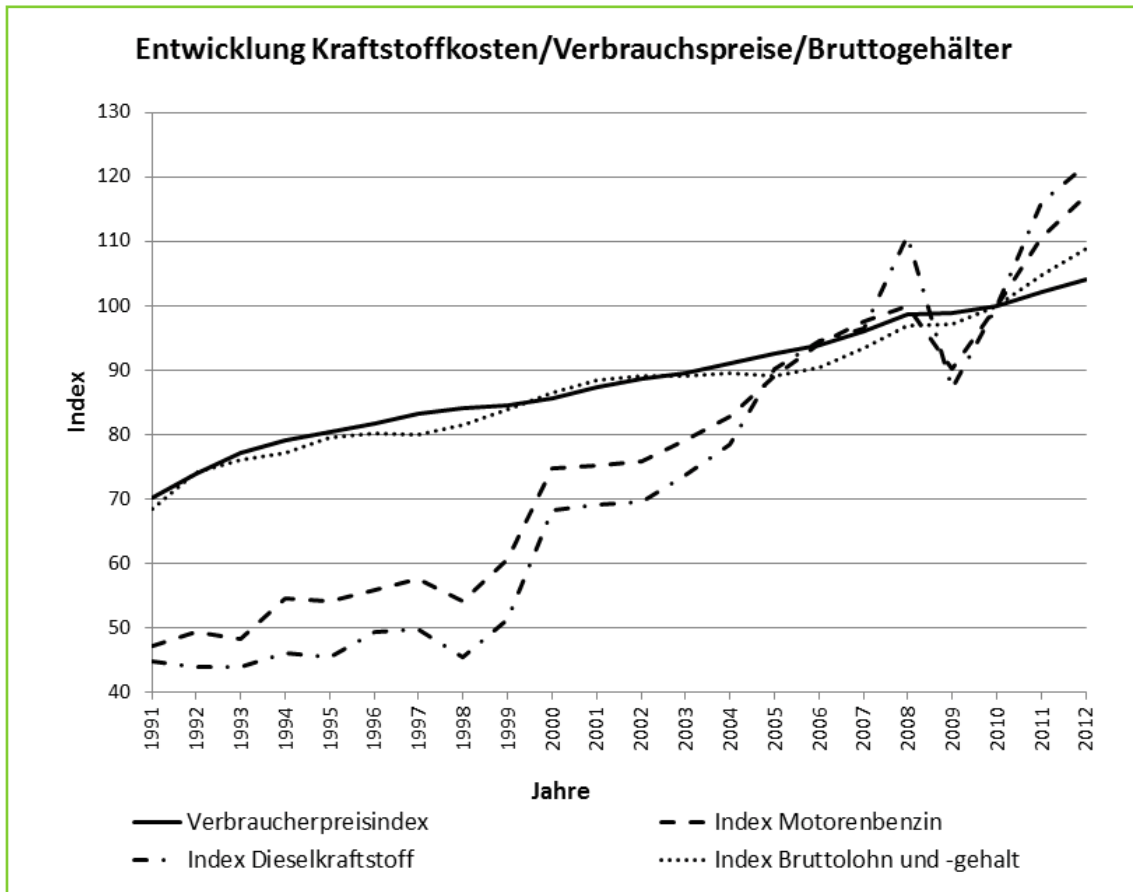


Bild 18: Entwicklung der Kraftstoff- und Verbraucherpreise im Vergleich zum Gehalt⁸⁹⁾

Zwischen 2005 und 2011 lag die Kostensteigerung für die Preise im Personenverkehr bei der Bahn beim doppelten und im Flugverkehr beim dreifachen der Steigerung der Lebenshaltungskosten (Bild 19).

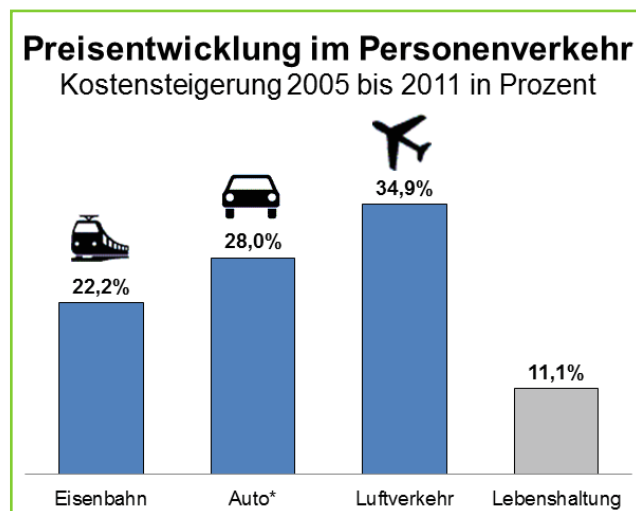


Bild 19: Entwicklung der Preise im Personenverkehr (nur Kraft- und Schmierstoffe) im Vergleich zu den Lebenshaltungskosten⁹⁰⁾

89) Quelle: eigene Darstellung ISB nach destatis

90) Vgl. eigene Darstellung nach Der Fahrgast 2/2012; Allianz pro Schiene auf Basis von destatis 2012

Das Bild 20 macht deutlich, dass die Ölförderschätzungen der Internationalen Energieagentur schon seit längerem hinter der realen Erdölproduktion zurückbleibt. Insofern werden diese Schätzungen im Laufe der Zeit auch immer wieder nach unten angepasst. Dieser Fehler in den Einschätzungen der Ölfördermengen hat sein logisches Pendant in der Prognose der Ölpreise. Diese wurden generell zu niedrig eingeschätzt und mussten immer wieder nach oben korrigiert werden, werden jedoch alle von der realen Preisentwicklung vorzeitig überholt.

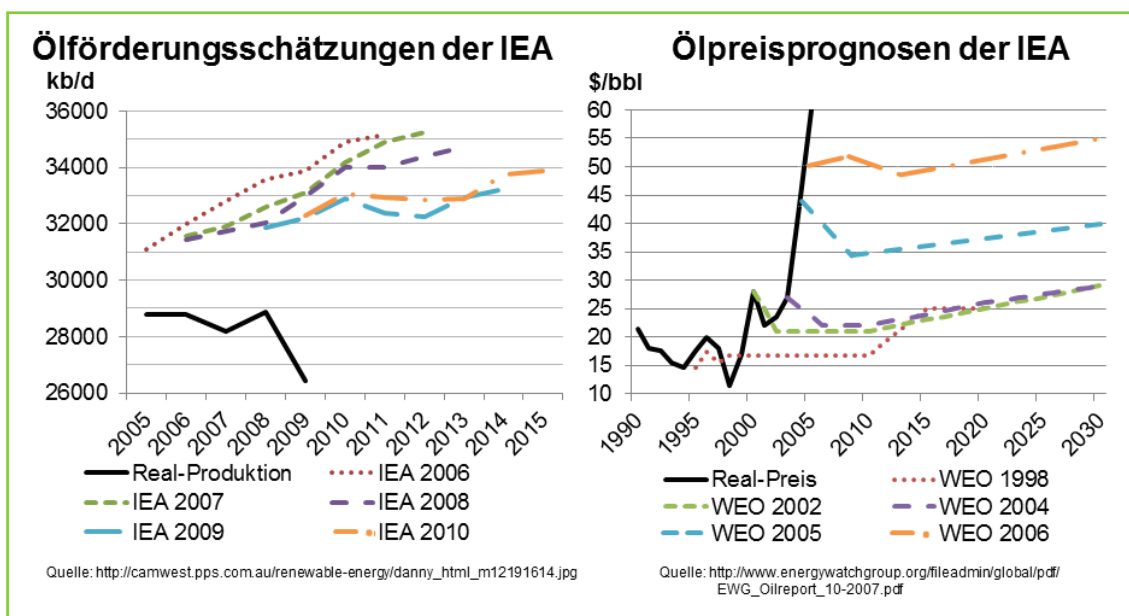


Bild 20: Prognosen der Ölfördermengen und des Ölpreises der IEA

Insgesamt kann daraus geschlossen werden, dass die verfügbaren Einkommen für den Konsum und die Mobilität zunehmend durch die beschriebenen Kostensteigerungen insbesondere für Energie (für Wohnen und Verkehr) sowie eine steigende Abgabenquote eingeschränkt werden. Hinsichtlich der Mobilitätskosten ist zudem damit zu rechnen, dass infolge der steigenden Unterhaltungs- und Erhaltungskosten für die Verkehrsinfrastruktur weitergehende Überlegungen zu einer stärkeren Nutzerfinanzierung bzw. Nutzerbeteiligung an der Finanzierung angestellt werden (müssen), was die Mobilitätskosten aufgrund von Remanenzeffekten ebenfalls steigern wird.⁹¹⁾ Inwieweit diese Kostenbelastungen durch Konsumverzicht, steigende Lohnforderungen oder eine Kompensation im Bereich Mobilitätskostenbudget kompensiert werden können, lässt sich derzeit nicht abschließend beurteilen. Allerdings ist zu erwarten, dass dadurch die eher flexiblen Budgetanteile für Konsum, Reisen und Freizeit früher und stärker unter Druck geraten als andere wie z. B. Wohnen. Diese Entwicklung ist mit Konsequenzen für das bisher gewohnte Mobilitätsverhalten und für die Raum- und Verkehrsstrukturen verbunden. Das Bild 21 zeigt das Set der Handlungsmöglichkeiten, um allein die höheren Kraftstoffkosten zu umgehen.

91) Vgl. auch Daehre, K.-H.: „Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung – Bericht der Kommission“, Dezember 2012

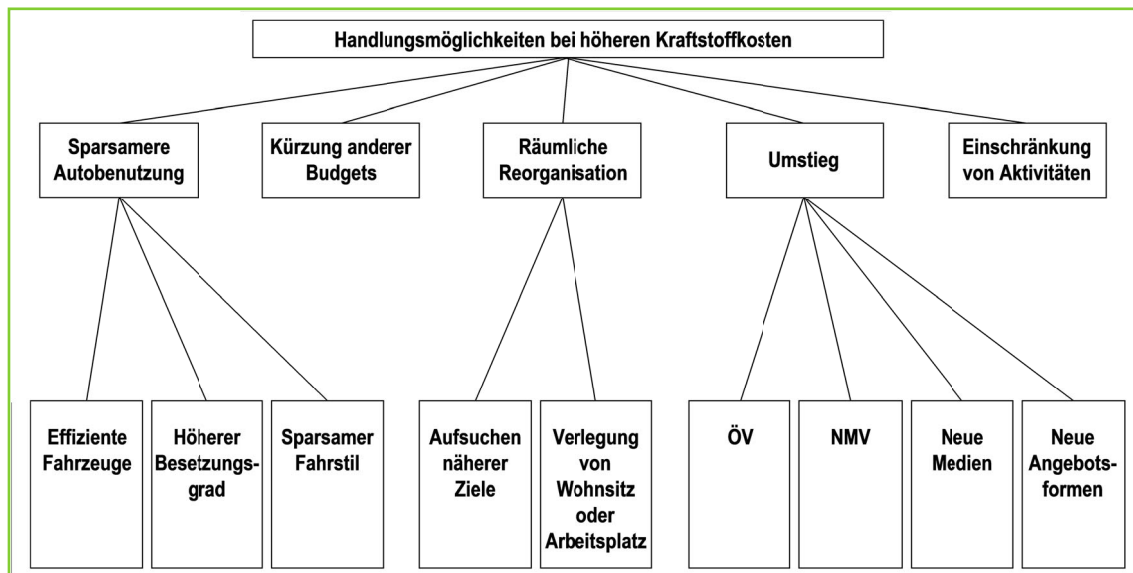


Bild 21: Theoretische Anpassungsreaktionen der Haushalte bzw. Mobilität neu denken⁹²⁾

Veränderungen in den Wirtschafts- und Produktionsprozessen

Neben den beschriebenen Veränderungen der finanziellen Rahmenbedingungen für die Menschen sind als weitere wesentliche ökonomische Rahmenbedingungen Veränderungen der Wirtschafts- und Produktionsprozesse zu nennen. Die Beschleunigung der Produktionsprozesse, die zunehmende Spezialisierung sowie die damit einhergehende Teile- und Komponentenfertigung führen zu spürbar wachsenden Logistik- und Transportanforderungen. Die Transportkostenanteile an den Gesamtkosten eines Produktes werden steigen. Bei steigenden Primärenergiekosten, z. B. infolge reduzierter Ölressourcen, muss mit einem überproportionalen Transportkostenanstieg gerechnet werden, der möglicherweise in der Folge heutige Wirtschaftsmuster wieder verändern wird. Inwieweit damit auch Veränderungen der Standortmuster der Betriebe mit mittelbaren Auswirkungen für Arbeitsplätze und Pendlerwege einhergehen werden, bleibt abzuwarten.

Der Trend zur zunehmenden Dienstleistungsorientierung sowie die wachsende Zahl der in der sogenannten Kreativwirtschaft beschäftigten Menschen könnten dazu führen, dass die in der Stadtentwicklung und Verkehrswissenschaft seit längerem geforderte Nutzungsmischung neue Potenziale eröffnet und weniger Verkehr erfordert. Die Arbeitszeiten und Arbeitsorte werden in diesen Beschäftigungssektoren immer flexibler und sind immer weniger stationär. Die Arbeitsorte sind zudem immer weniger auf konkrete Standorte oder gar Gewerbegebiete angewiesen, sodass sich die Chance eröffnet, Wohnstandorte und Arbeitsorte enger miteinander zu verbinden. So kann es gelingen, durch Heim- bzw. Telearbeit Verkehr und Transportkosten für den Einzelnen zu reduzieren. In eine ähnliche Richtung könnte der zunehmende Internet-Handel (e-Commerce) führen, indem durch Bestellungen via Telefon oder Internet Wege zum Einkaufen weniger bedeutend werden und damit eingespart werden können. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass bei e-Commerce Lieferverkehre zunehmen werden, die voraus-

92) Quelle: BBSR/BMVBS, 2009

sichtlich auf die Endpreise für die Verbraucher aufgeschlagen werden, sodass gesparte eigene Verkehrskosten durch Transportkostenanteile in den Produktkosten kompensiert oder gar überkompensiert werden und die Verkehrsleistung zunimmt.

Veränderungen in den Handlungsoptionen der öffentlichen Hand

Die Verschuldung der öffentlichen Haushalte (siehe Bild 22) gewinnt als der Handlungsspielräume in der Infrastrukturgestaltung begrenzende Parameter maßgebliche Bedeutung. „Die Schulden der öffentlichen Haushalte von Bund, Ländern und Gemeinden haben im Jahre 2010 eine Höhe von fast 2 Bio. Euro erreicht, je Einwohner 24.904 Euro. Dabei trägt der Bund mit 64 % die Hauptlast der Verschuldung. Es folgen die Länder- und Kommunalhaushalte mit 30 % bzw. 6 %.“⁹³⁾ „Viele Städte und Gemeinden können ihre laufenden Ausgaben nur noch über die Inanspruchnahme von Kassenkrediten finanzieren. [...] Die Sicherung der öffentlichen Daseinsvorsorge stößt damit an finanzielle Grenzen.“⁹⁴⁾

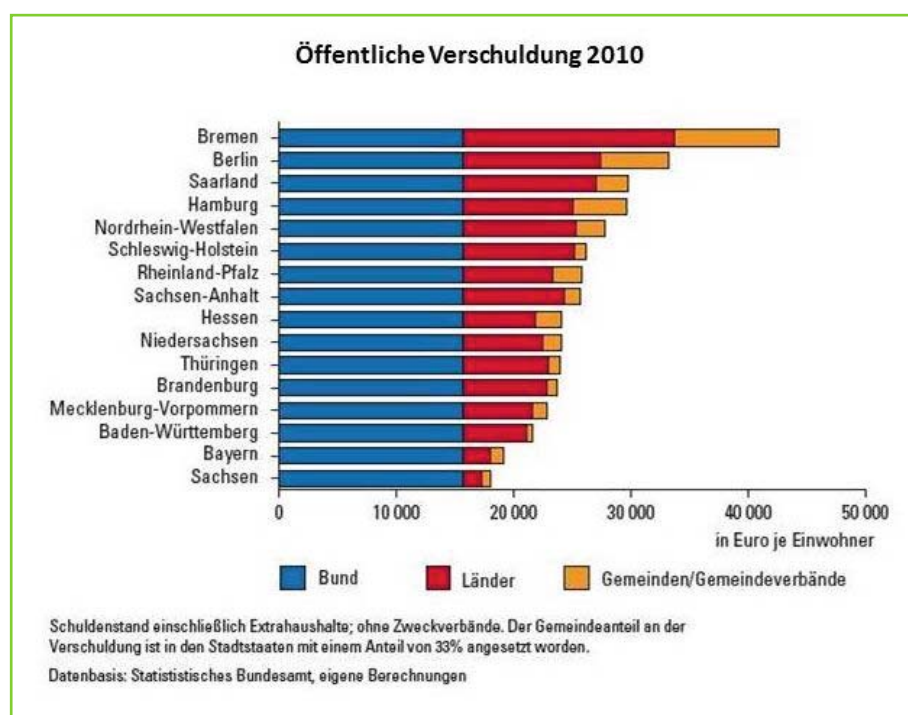


Bild 22: Öffentliche Verschuldung von Bund, Ländern, Gemeinden und Gemeindeverbänden einschließlich Extrahaushalte 2010⁹⁵⁾

Infolge der Haushaltslage der öffentlichen Kassen, aber auch des Alters und Zustands der Infrastruktur sowie der Umweltsituation kommen zunehmend neue Wege der Infrastrukturfinanzierung in die Diskussion. Mit Auslaufen der Überleitungsregelungen des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes (GVFG) im Entflechtungsgesetz im Jahr 2019, den anstehenden Revisionen der Finanzbeziehungen zwischen Bund, Ländern und Kommunen sowie der auch von der EU geforderten Internalisierung externer Kosten wird denkbar, dass die Nutzerfinanzierung der Infrastruktur auch über die heute

93) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.), 2012, S. 39

94) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.), 2012, S. 39 und 40

95) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.), 2012, S. 39

bekannte Autobahnmaut für schwere Lkw hinaus eine neue Bedeutung gewinnen wird. Die bereits von der Pällmann-Kommission im Jahr 1999 dargestellten Möglichkeiten⁹⁶⁾ stellen eine Option dar, die auch eine City-Maut – wie sie in London, Oslo oder Stockholm erhoben wird – als nicht ganz ausgeschlossen erscheinen lassen. Diese wird vor dem Hintergrund der in der Europäischen Union beschlossenen und inzwischen im Grundgesetz sowie vielen Landesverfassungen verankerten Schuldenbremse dazu führen, dass sämtliche Ausgabenpositionen auf den Prüfstand gestellt werden. Dabei ist damit zu rechnen, dass Ausgaben für die Bereiche Soziales und Bildung weniger Kürzungspotenzial bieten bzw. stärkere Widerstände bei Kürzungen hervorrufen als z. B. im Bereich der Verkehrsinfrastruktur. Zudem bestehen im Bereich der Verkehrsinfrastruktur grundsätzlich andere Finanzierungsoptionen (s.o. Nutzerfinanzierung etc.), die allerdings dazu führen werden, dass die Mobilitätskosten insgesamt steigen. Die Vorschläge der Daehre-Kommission beinhalten eine Diskussion dieser Möglichkeiten.⁹⁷⁾

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Finanzierungsperspektive der Betriebskosten des ÖPNV. Die Betriebskosten des ÖPNV werden heute durchschnittlich zu etwa 60 % aus Fahrgeldeinnahmen sowie darüber hinaus vielfältigen Zuschüssen aus unterschiedlichen Quellen finanziert. Wesentliche Betriebskostenzuschüsse werden aus Regionalisierungsmitteln sowie Ausgleichszahlungen für die Beförderung von Schülern und Schwerbehinderten geleistet. Die Regionalisierungsmittel werden vom Bund zur Verfügung gestellt und unterliegen den bereits oben angedeuteten allgemeinen Rahmenbedingungen für die öffentlichen Haushalte. Die Ausgleichszahlungen werden auf der Basis von beförderten Personen abgerechnet bzw. gewährt. Hier ist insbesondere zu erwarten, dass infolge der stark rückläufigen Schülerzahlen die Ausgleichszahlungen auch deutlich sinken werden. Eine besondere Herausforderung ergibt sich daraus in ländlichen Räumen, in denen die Schülerbeförderung heute oft das Rückgrat und die Basisfinanzierung des ÖPNV bildet. Es ist zu erwarten, dass infolge der reduzierten Betriebskostenfinanzierung Angebotsreduzierungen bis hin zur vollständigen Streichung von Angeboten und damit eine Ausdünnung des Netzes und verschlechterte Erreichbarkeit unausweichlich werden.

4.5 Rahmenbedingungen und Trends im Güterverkehr

4.5.1 Bisherige Entwicklung und Prognosen für den Güterverkehr

4.5.1.1 Güterverkehr allgemein

Die Entwicklung der Güterverkehrsnachfrage ging nach einem jahrelangen kontinuierlichen Anstieg in allen Verkehrsträgerbereichen mit der weltweiten Wirtschaftskrise im Jahr 2008 deutlich zurück und steigt seit 2010 wieder leicht an. Davon war sowohl der Binnenverkehr als auch der Export und Import betroffen und das Transportgewerbe erholt sich nur langsam (vgl. Bild 23). Der Straßengüterverkehr trägt nach wie vor die Hauptlast des Güterverkehrs mit einem Transportleistungsanteil von ca. 65 % im Jahre 2012. Rund 23 % entfallen auf den Schienengütertransport und die Binnenschifffahrt hat einen Anteil von ca. 11 %.

96) vgl. Pällmann-Kommission, Schlussbericht vom 5. September 2000

97) Vgl. auch Daehre, K.-H.: „Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung – Bericht der Kommission“, Dezember 2012

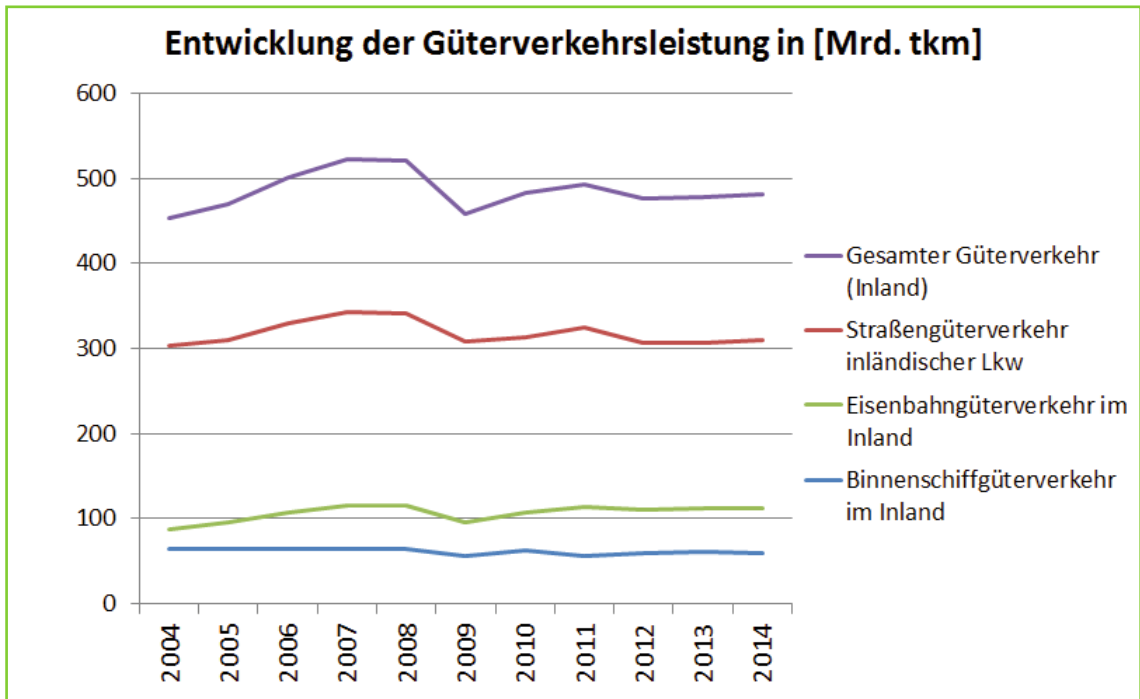


Bild 23: Entwicklung der Güterverkehrsleistung (in Mrd. tkm)⁹⁸⁾

Die beförderte Gütermenge stagniert unterbrochen durch die Wirtschaftskrise 2009 im Wesentlichen seit ca. 10 Jahren. Selbst in Phase des Wirtschaftswachstums kommt es nicht zu einer wesentlichen Steigerung des Güteraufkommens. Dagegen steigt die Werthaltigkeit der beförderten Waren und damit auch die Wertschöpfung des Transportes.

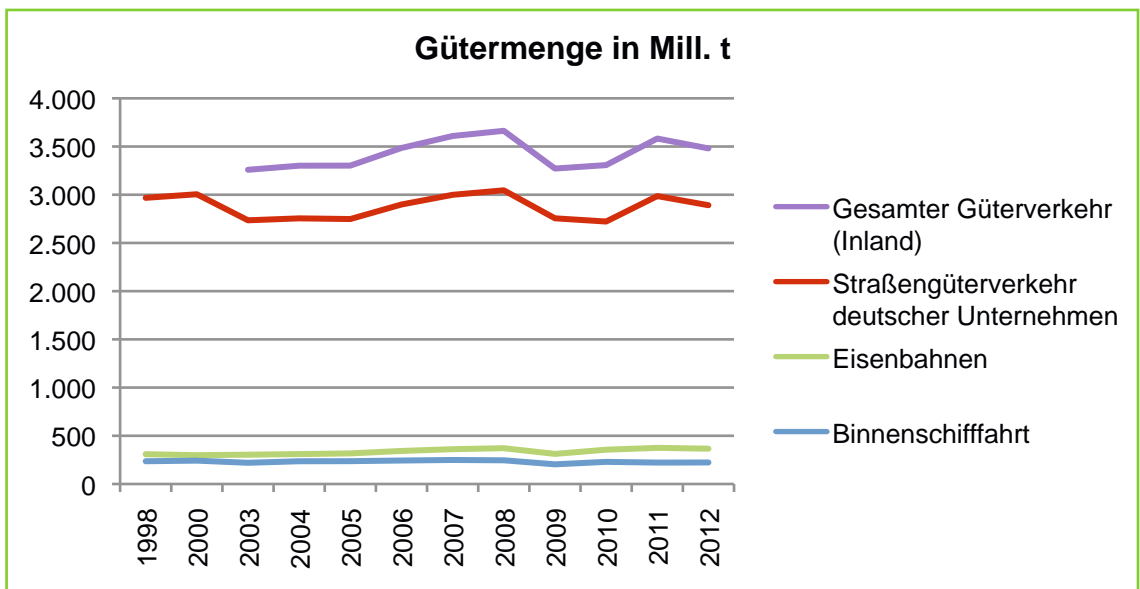


Bild 24: Gütermenge nach Verkehrsträgern (in Mill. Tonnen)⁹⁹⁾

98) Statistisches Bundesamt: Verkehr aktuell – Stand 25. 04. 2013, Fachserie 8 Reihe 1.1 – 04/2013, Grafik: Arndt

99) Ebenda

Das Wachstum beruht vor allem auf Transportentfernungszunahme im Güterverkehr. Durch zunehmende Arbeitsteilung und Auslagerungen (Outsourcing) werden distanzintensive Wertschöpfungsketten gefördert. Die Zunahme der Entfernungen im Güterverkehr steigen dabei noch stärker als die Zunahme des Bruttoinlandsproduktes (s. Bild 25).

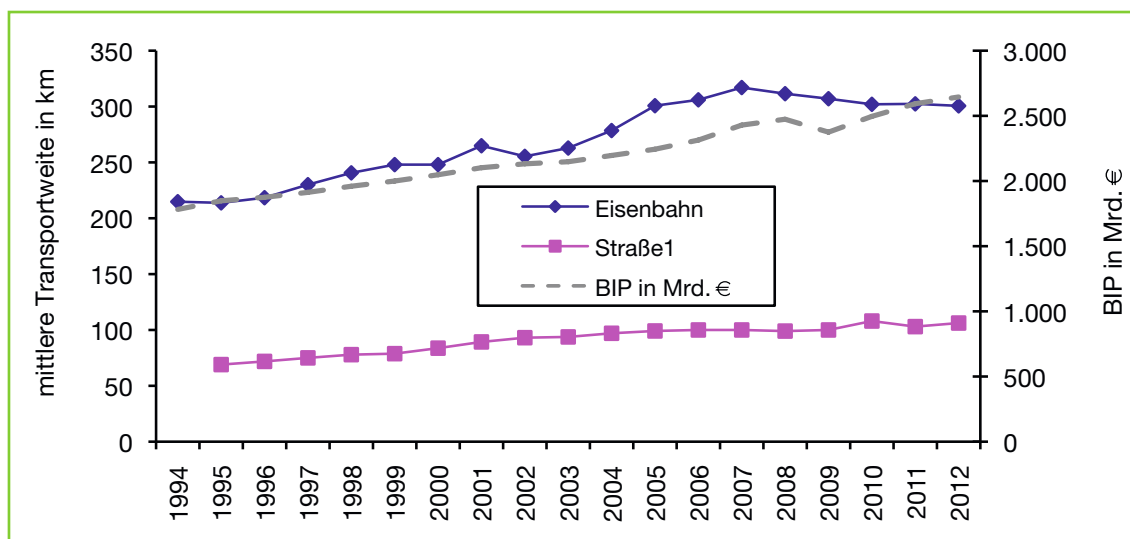


Bild 25: Steigerung der mittleren Transportweite im Eisenbahn- und Straßengüterverkehr im Vergleich zur Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (BIP) 1991 bis 2012¹⁰⁰⁾

Damit sinkt letztlich die Effizienz des Güterverkehrs. Im folgenden Bild ist die Abnahme der Energieeffizienz im Güterverkehr in Deutschland zu sehen.

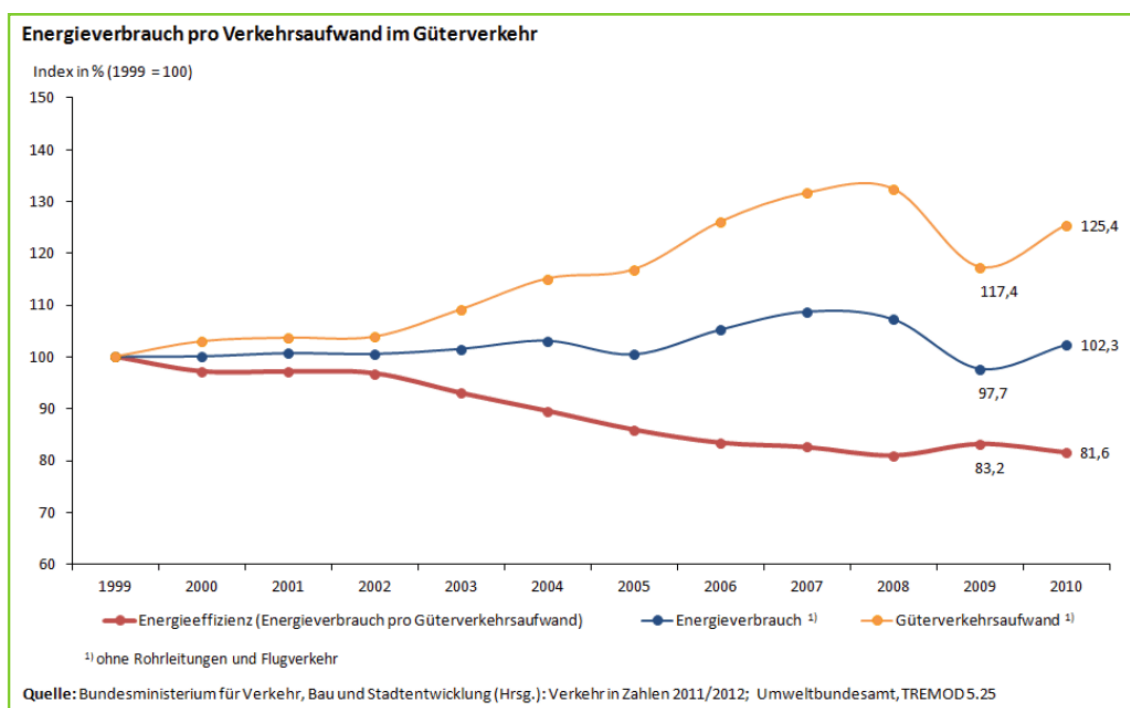


Bild 26: Entwicklung der Energieeffizienz im Güterverkehr in Deutschland 1999 bis 2010¹⁰¹⁾

100) Statistisches Bundesamt: Fachserie 8 Reihe 1.1 – 04/2013, Grafik: Arndt

101) Quelle: Umweltbundesamt, <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten> 2013

Einer Studie¹⁰²⁾ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zufolge, welche sich auf das Basisjahr 2004 bezieht, ist bei der bisherigen Rahmensetzung mit einem Wachstum von 71 % bezogen auf das Gesamtfrachtaufkommen zu rechnen. Für den Verkehrsträger Schiene rechnet das BMVBS mit einem Anstieg von 65 % bzw. 2,4 % pro Jahr¹⁰³⁾.

Die Shell Lkw-Studie aus dem Jahr 2010¹⁰⁴⁾ stellt ebenfalls Prognosen für die Entwicklung der Güterverkehrsleistung auf. Basierend auf der *Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025* stützt sie sich auf das Jahr 2004. Der Prognosehorizont geht bis ins Jahr 2030 (Bild 27). Aus der Grafik geht hervor, dass die Güterverkehrsleistung (gemessen in Mrd. tkm) in der Binnenschifffahrt nahezu konstant bleibt, während sie bei der Eisenbahn leicht und im Straßengüterverkehr sehr stark zunimmt. So wird im Straßengüterverkehr auf Basis des Jahres 2010 mit einer Verkehrsleistung von ca. 450 Mrd. tkm fast eine Verdopplung der Verkehrsleistung auf knapp 800 Mrd. tkm erwartet.

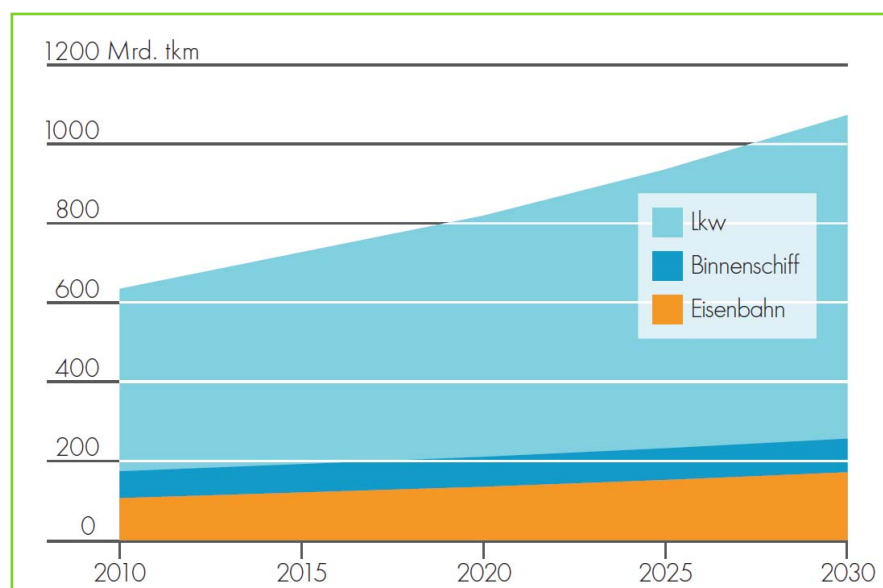


Bild 27: Prognose der Güterverkehrsleistung bis 2030¹⁰⁵⁾

Die Studie „Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2030“ des Instituts für Mobilitätsforschung¹⁰⁶⁾ aus dem Jahr 2010 geht von drei verschiedenen Entwicklungsszenarien aus, der *globalen Dynamik*, dem *gereiften Fortschritt* und dem *rasenden Stillstand* (Bild 28). Die Prognosen gehen von einem Wachstum der Güterverkehrsleistung im Maximalfall (Szenario *globale Dynamik*) um ca. 50 % bis zum Jahr 2030 aus; basierend auf der Verkehrsleistung 2009 (2009 = 100 %). Unter Annahme der Zahlen aus dem Jahr 2009 (Datenbasis Eurostat) würde dies im Jahr 2030 eine Gesamtgüterverkehrsleistung

102) Prograns 2007: Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050, Schlussbericht, ProgTrans AG, Basel 2007

103) DB Schenker Railways 2010

104) Shell 2010: Shell Lkw-Studie 2010 – Fakten, Trends und Perspektiven im Straßengüterverkehr bis 2030, Lenz, Barbara; Lischke, Andreas; Knitschky, Gunnar, Shell Deutschland Oil GmbH (Hrsg.), DLR e.V., Hamburg/Berlin 2010

105) Quelle: Shell Lkw-Studie 2010, Datenbasis: BVU/Intriplan

106) ifmo 2010: Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2030 (Zweite Forscheibung), Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.), München 2010

in Höhe von 688,5 Mrd. tkm bedeuten. Dies unterschreitet deutlich den Wert in Höhe von knapp 1100 Mrd. tkm aus der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen.

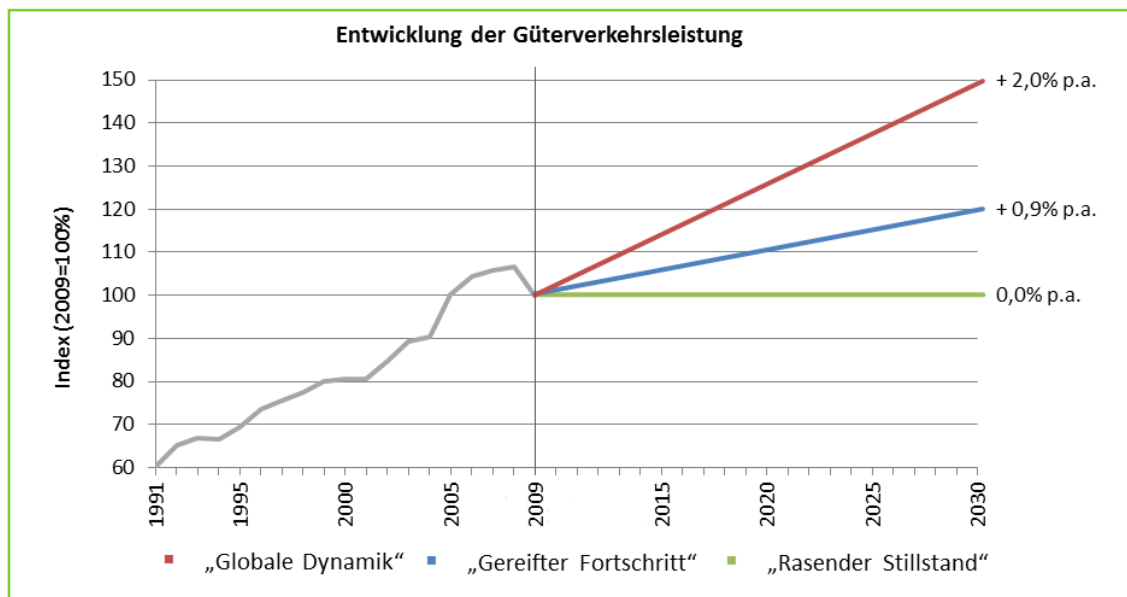


Bild 28: Verschiedene Szenarien und Prognosen für die Entwicklung der Güterverkehrsleistung¹⁰⁷⁾

Eine weitere Studie, die sich mit der Prognose des Güterverkehrsaufkommens beschäftigt, ist die „Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050“. ¹⁰⁸⁾ Diese wurde im Jahr 2007 im Auftrag des BMVBS durchgeführt und basiert auf den Verkehrsdaten aus dem Jahr 2005. Die Prognosen werden für das Jahr 2030 und für das Jahr 2050 formuliert. Die Güterverkehrsleistung steigt demnach bis zum Jahr 2030 auf 982 Mrd. tkm und auf 1218 Mrd. tkm im Jahr 2050. Die Zahlen der Prognose für das Jahr 2030 bestätigen damit die Zahlen aus der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtung.

Im Bild 29 sind verschiedene Prognosen der Güterverkehrsleistung (unterteilt nach Verkehrsträger) in zeitlicher Reihung dargestellt. Es ergibt sich über alle Prognosen hinweg eine weiterhin ansteigende Güterverkehrsleistung.

107) ifmo 2010: Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2030 (Zweite Forscheibung), Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.), München 2010

108) Protrans 2007: Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050, Schlussbericht, ProgTrans AG, Basel 2007

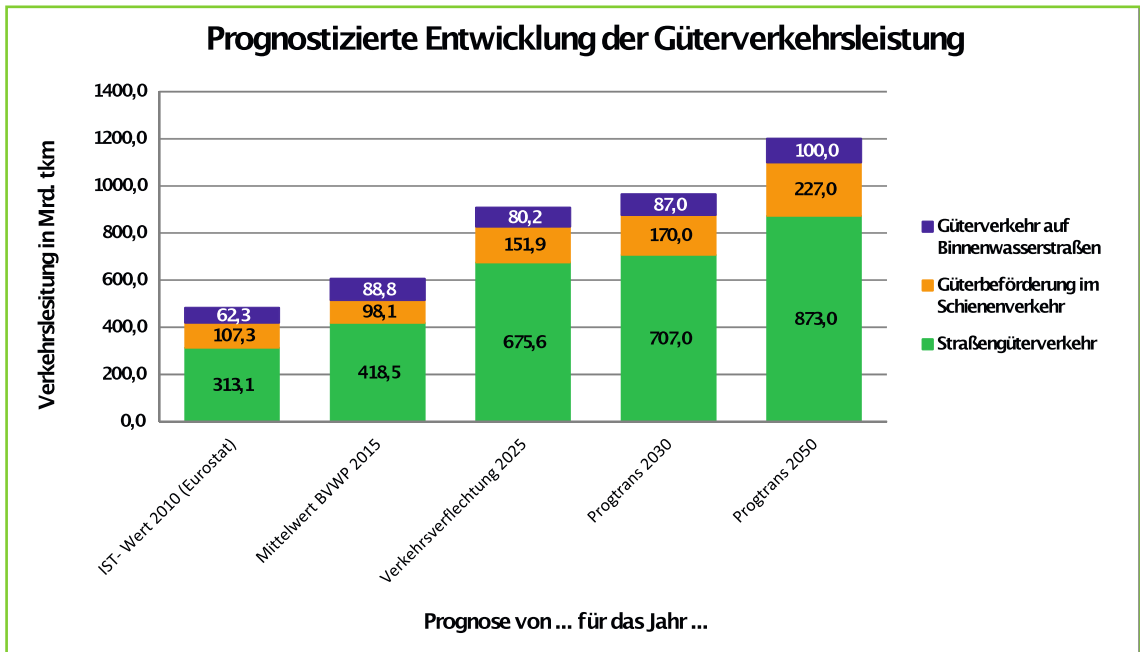


Bild 29: Prognostizierte Entwicklung der Güterverkehrsleistung (verschiedene Prognosen)

4.5.1.2 Straßengüterverkehr

Der Straßengüterverkehr hat aufgrund der oben schon beschriebenen Trends wie Globalisierung und Öffnung der Märkte in den vergangenen Jahren stetig zugelegt. Das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) GmbH führte eine Emissionsmodellierung mithilfe des „Transport Emission Model“ (TREMOM) durch. Die Berechnungen ergaben eine Verneunfachung der Transportleistung zwischen den Jahren 1960 und 2008. Die Fahrleistung des Güterverkehrs stieg währenddessen um das Fünffache an (vgl. Bild 30).

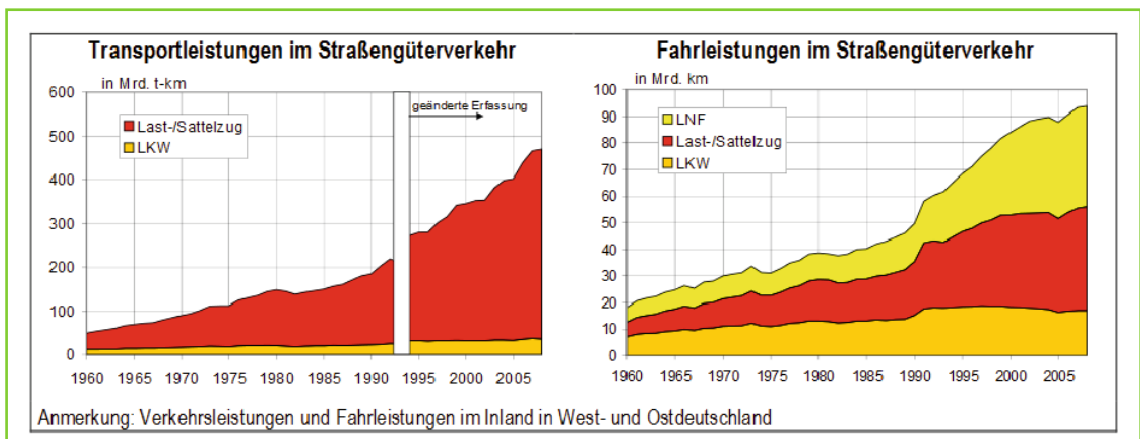


Bild 30: Transportleistung und Fahrleistung im Straßengüterverkehr 1960 – 2008¹⁰⁹⁾

109) ifeu Heidelberg 2010: Fortschreibung und Erweiterung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960–2030“, 2010

Damit ist der Straßengüterverkehr in Deutschland der dominierende Güterverkehrsträger. Er übernahm einem Bericht des Öko-Institut e.V. zufolge im Jahr 2005 fast 70 % der Transportleistung.¹¹⁰⁾

Der Straßengüterverkehr erlitt jedoch ebenso wie alle anderen Verkehrsträger einen starken Einbruch im Jahr 2009 als Folge auf den Beginn der Weltwirtschaftskrise im Jahr 2008. Mit einem Rückgang um fast 10 % der Gesamttransportleistung auf 307.547 Mio. tkm im Jahr 2009 (Datengrundlage: Eurostat) fiel die Güterverkehrsleistung im Straßenverkehr auf das Niveau des Jahres 2004 zurück. In den letzten Jahren stieg die Transportleistung jedoch wieder an und erreichte im Jahr 2011 das Niveau des Jahres 2005, Tendenz steigend.

Ebenfalls von einer steigenden Tendenz geht auch die Shell Lkw-Studie 2010 aus. Basierend auf den Daten des Jahres 2004 und der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtung 2025 wird von einem Anstieg der Straßengütertransportleistung auf 676 Mrd. tkm ausgegangen. Ausgehend von den Zahlen des Jahres 2011 (323,8 Mrd. tkm) entspricht dies einer Verdopplung der Transportleistung auf dem Verkehrsträger Straße bzw. einem Anstieg von durchschnittlich 5,4 % pro Jahr.

Auch die Studie „Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050“¹¹¹⁾ geht von einem starken Wachstum der Verkehrsleistung des Straßengüterverkehrs aus. Demnach wächst die Verkehrsleistung bis zum Jahr 2030 auf 707 Mrd. tkm und bis zum Jahr 2050 sogar auf 873 Mrd. tkm. Dabei verschieben sich auch die Anteile der Relationen hin zu einem geringeren Anteil des Binnenverkehrs und einem stärkeren Anteil des Transitverkehrs (vgl. Bild 31).

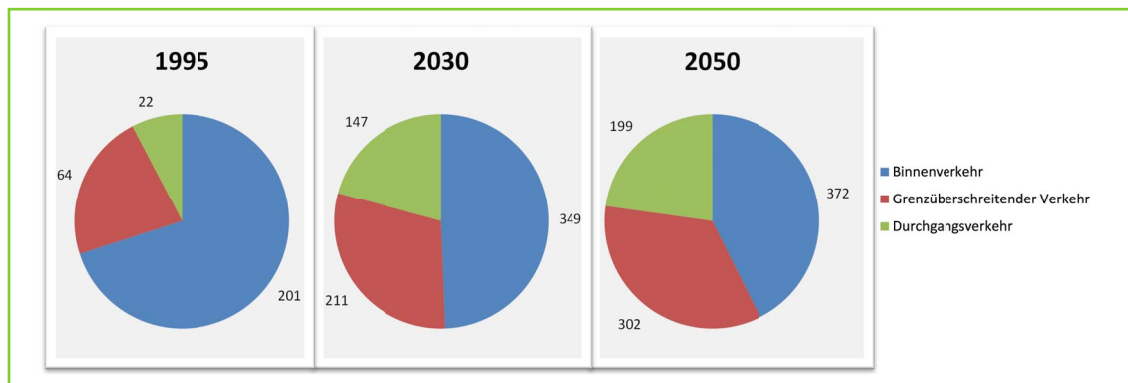


Bild 31: Straßengüterverkehrsleistung in Mrd. tkm und Verschiebung der Anteile der Relationen¹¹²⁾

Die Studie „Mobilität 2020“¹¹³⁾ der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) aus dem Jahr 2006 geht ebenfalls von einer Steigerung der Verkehrsleistung im Straßengütertransport und erwartet eine stark wachsende Belastung der Ost-West-Korridore durch den Lkw-Transitverkehr (vgl. Bild 31).

110) Öko-Institut 2007: Nachhaltige Mobilität durch Innovationen im Güterverkehr, 2007

111) Protrans 2007: Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050, Schlussbericht, ProgTrans AG, Basel 2007

112) Protrans 2007: Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050, Schlussbericht, ProgTrans AG, Basel 2007

113) acatech (Hrsg.), – „Mobilität 2020 – Perspektiven für den Verkehr von morgen“, Konvent für Technikwissenschaften der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e.V. Stuttgart 2006

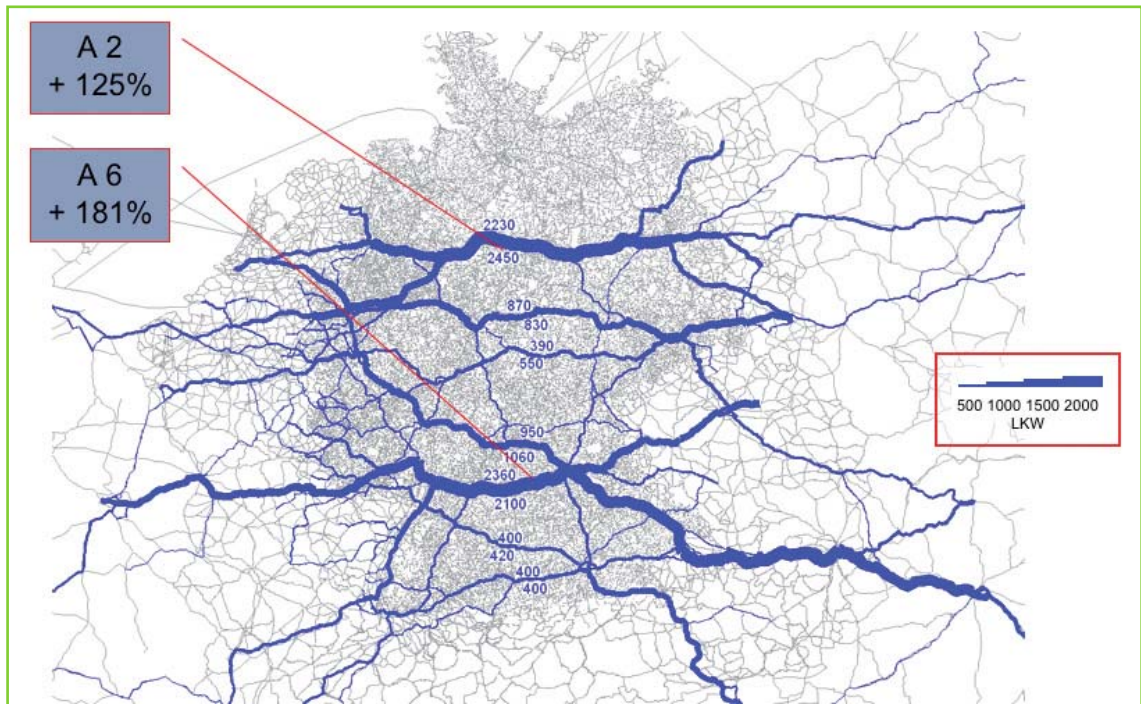


Bild 32: Prognose des Lkw-Transitverkehrs (in Fahrzeuge pro Tag) für 2020¹¹⁴⁾

4.5.1.3 Eisenbahngüterverkehr

Ebenso wie der Straßengüterverkehr und der Güterverkehr insgesamt erlebte auch das Schienengüterverkehrsaufkommen einen Rückschlag durch die Weltwirtschaftskrise. Nach einem deutlichen Zuwachs des Verkehrsaufkommens zwischen 2002 und 2008 fiel im Jahr 2009 das Verkehrsaufkommen auf Werte aus den Jahren 2005 und 2006 ab. Kontinuierlich zulegen konnten dabei trotzdem die NE-Bahnen, welche im Jahr 2010 einen Anteil von 25 % des Schienengüterverkehrs (gemessen in Tonnenkilometern) einnahmen. In Anbetracht des anziehenden Marktes und der steigenden Prognosen für das Güterverkehrsaufkommen ist ein erneuter Anstieg des Schienengüterverkehrsaufkommens zu erwarten.

114) acatech (Hrsg.), „Mobilität 2020 – Perspektiven für den Verkehr von morgen“, Konvent für Technikwissenschaften der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e.V., Stuttgart 2006

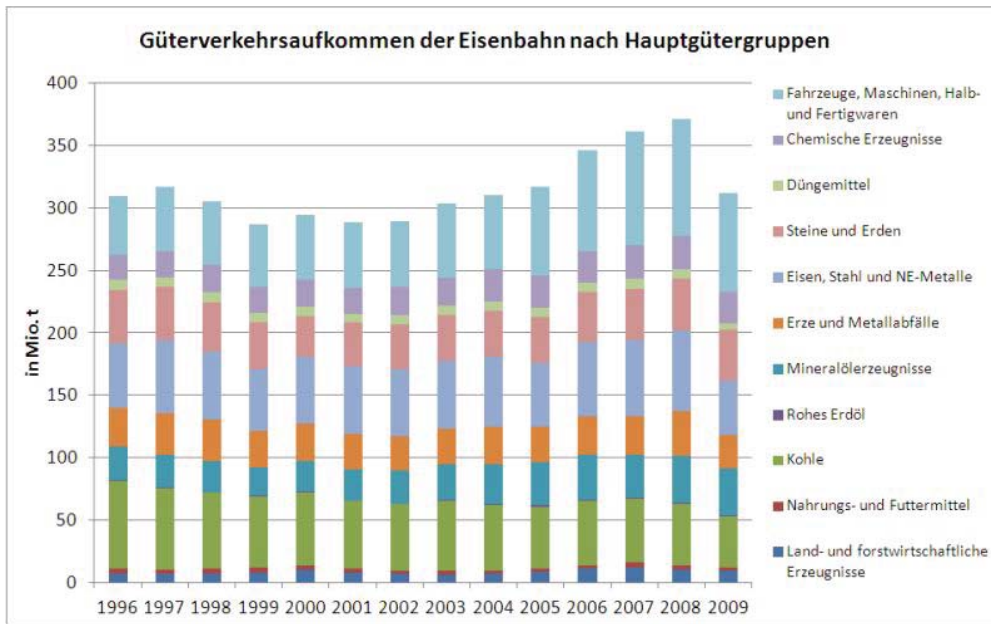


Bild 33: Verkehrsaufkommen im Schienengüterverkehr nach Gütergruppen¹¹⁵⁾

4.5.1.4 Binnenschifffahrt

Die Binnenschifffahrt wurde, ebenfalls wie der Eisenbahngüterverkehr bedingt durch den hohen Anteil am Seehafenhinterlandverkehr, sehr stark von der Wirtschaftskrise im Jahr 2008 getroffen. Bild 34 zeigt einen deutlichen Rückgang sowohl bzgl. des Transportaufkommens als auch der Verkehrsleistung. Beide sanken von 2007 auf 2008 zunächst nur leicht und erlitten dann jedoch einen Einbruch von –17 % bezogen auf das Transportaufkommen und in Höhe von –13 % bezogen auf die Verkehrsleistung. Für das Jahr 2010 erholte sich der Markt leicht (jeweils +12 %), blieb jedoch in beiden Kategorien hinter den Werten aus dem Jahr 2006.

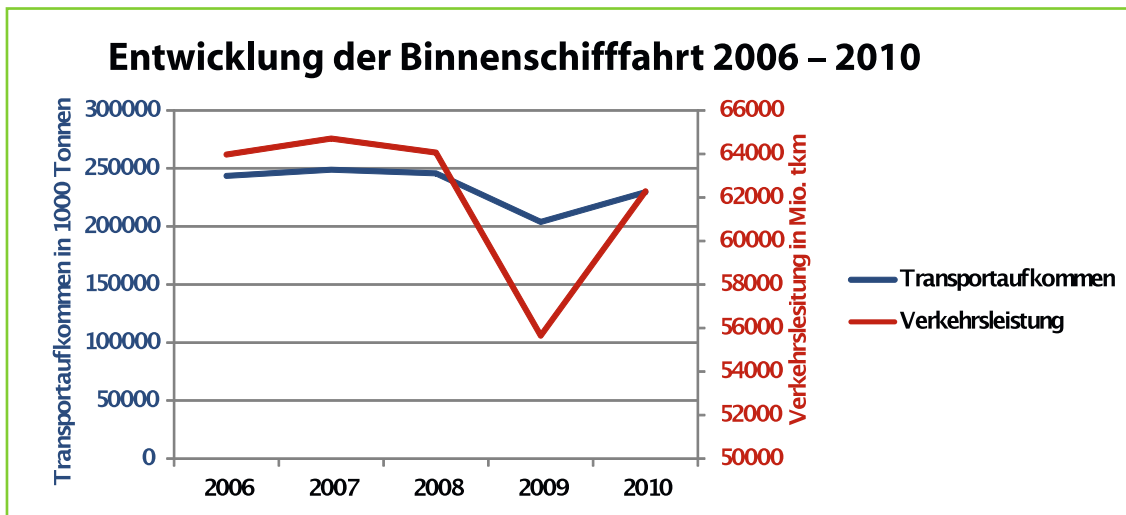


Bild 34: Entwicklung der Binnenschifffahrt 2006 – 2010¹¹⁶⁾

115) BMVBS 2011: Verkehr in Zahlen 2012/2013, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung DIW Berlin, 41. Jahrgang, Berlin 2013

116) Datengrundlage: Eurostat

Es ist ein positiver Trend hin zur Erholung von der Wirtschaftskrise und einem sanfteren aber stetigen Anstieg des Güterverkehrs in der Binnenschifffahrt auszugehen. Diese ist als klassischer Träger des Hinterlandverkehrs jedoch massiv von der Entwicklung des Seeverkehrs abhängig.

4.5.1.5 Personenwirtschafts- und Dienstleistungsverkehr

Nach der aktuellen deutschlandweiten Erhebung des Kraftfahrzeugverkehrs in Deutschland wurden 39,3 % der Kfz-Fahrten werktags im Wirtschaftsverkehr unternommen. 32,4 % der werktäglichen Fahrleistung aller Kraftfahrzeuge sind diesem Verkehrszweck zuzuordnen.¹¹⁷⁾

Neben dem Güterverkehr gehören zum Wirtschaftsverkehr noch die Segmente Personenwirtschaftsverkehr und Dienstleistungsverkehr. Zum Anteil des Personenwirtschafts- und Dienstleistungsverkehr am Wirtschaftsverkehr und am Gesamtverkehr existieren nur wenige Erhebungen und Abschätzungen. In München wurde ein Anteil am Fahrtenaufkommen mit 23 % am Gesamtverkehr genannt (Oexler 2001, S. 90). In derselben Quelle werden 69 % Anteil des Personenwirtschafts- und Dienstleistungsverkehr am gesamten Wirtschaftsverkehr für Regensburg errechnet¹¹⁸⁾. Steinmeyer (2003, S. 79) nennt nach der Analyse von mehreren teilweise deutschlandweiten Datenquellen einen Anteil von 19 bis 30 % für den Personenwirtschafts- und Dienstleistungsverkehr am städtischen bzw. regionalen Gesamtverkehr (s. auch Steinmeyer 2007, S. 31ff). Etwa die Hälfte bis zwei Drittel der Fahrten im Wirtschaftsverkehr sind damit diesen Segmenten zuzuordnen. Am Gesamtverkehr haben Personenwirtschafts- und Dienstleistungsverkehr einen Fahrten-Anteil von ca. einem Fünftel bis zu einem Drittel (vgl. Bild 35).

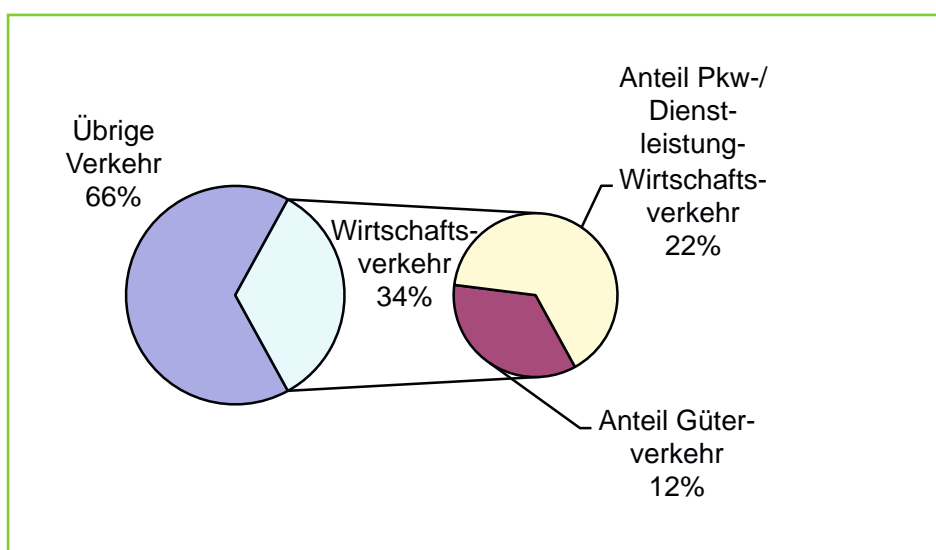


Bild 35: Anteil der Segmente im städtischen Wirtschaftsverkehr an der Fahrleistung¹¹⁹⁾

117) WVI Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung und Infrastrukturplanung GmbH 2010: Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland

118) Ebenda S. 95

119) Arndt, Wulf-Holger: errechnete Durchschnittsdaten aus verschiedenen Quellen: Hesse 1996: 8, BAG 2009, Arndt 2007: S. 81

4.5.2 Beitrag des Güterverkehrs zur Treibhausgasemission

Steigende Entfernungen, eine Verringerung der Fertigungstiefen, individualisierte Produkte und Transportlösungen, niedrige Warenbestände und hohe Transportfrequenzen werden auch in Zukunft für ein steigendes Güterverkehrsaufkommen sorgen.¹²⁰⁾

In Anbetracht dieser Entwicklung wird eine Reduktion der Treibhausgasemission durch den Güterverkehr deutlich erschwert. Ein Blick in die Verkehrsemissionsdatenbank TREMOD zeigt einen deutlichen Anstieg der CO₂-Emissionen:

„Die gesamten CO₂-Emissionen des Güterverkehrs sind nach der Verkehrsemissionsdatenbank TREMOD des Umweltbundesamtes zwischen 1991 und 2005 um rund 20 % auf 56,1 Mio. t angestiegen. Damit erzeugt der Güterverkehr auf der Straße mit Abstand den größten Teil der Emissionen an Treibhausgasen und Luftschadstoffen. [...] Dennoch nahmen die Emissionen des Güterverkehrs nicht so stark zu wie die Verkehrsleistung“.¹²¹⁾

Bezogen auf das Klima besonders problematisch ist der Modal Split im Güterverkehr. Der dominierende Straßenverkehr (ca. 65 % an der Güterverkehrsleistung, vgl. Bild 23) hat mit Abstand den größten spezifischen CO₂-Ausstoß von allen landgestützten Güterverkehrsmitteln (Bild 36). Somit ist auch in Anbetracht einer Reduzierung der Leerfahrten und des Einsatzes emissionsarmer Motoren eine deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen des Straßengüterverkehrs kaum absehbar.

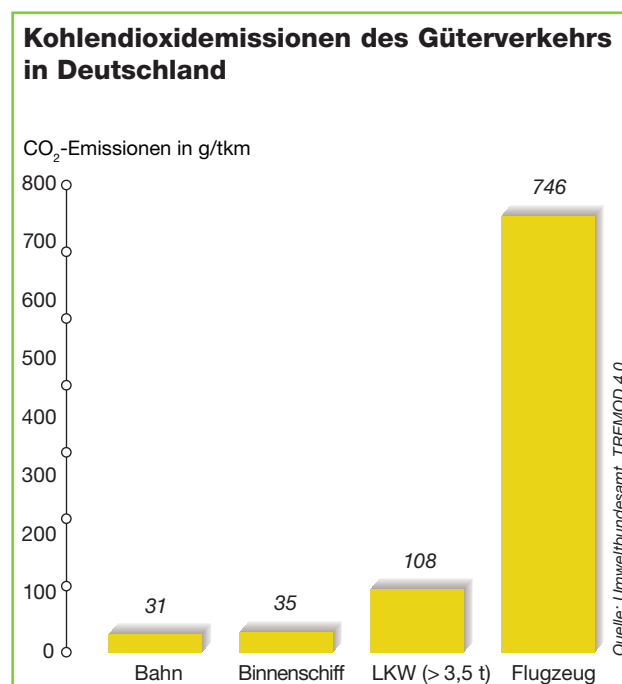


Bild 36: Vergleich der CO₂-Emissionen der Güterverkehrsmittel¹²²⁾

120) Öko-Institut 2007: Nachhaltige Mobilität durch Innovationen im Güterverkehr, Öko-Institut e.V., Lehrstuhl Verkehrssysteme und Logistik der Universität Dortmund, Fraunhofer Institut Materialfluss und Logistik, Berlin/Dortmund 2007

121) Ebenda

122) BUND-Flyer „Wahnsinn Güterverkehr – Natürlich effizient“ 2006, S. 4

Die Prognose zum Straßengüterverkehr zeigt zudem eine weiter anhaltende Steigerung der Fahrleistung und damit des CO₂-Austoßes.

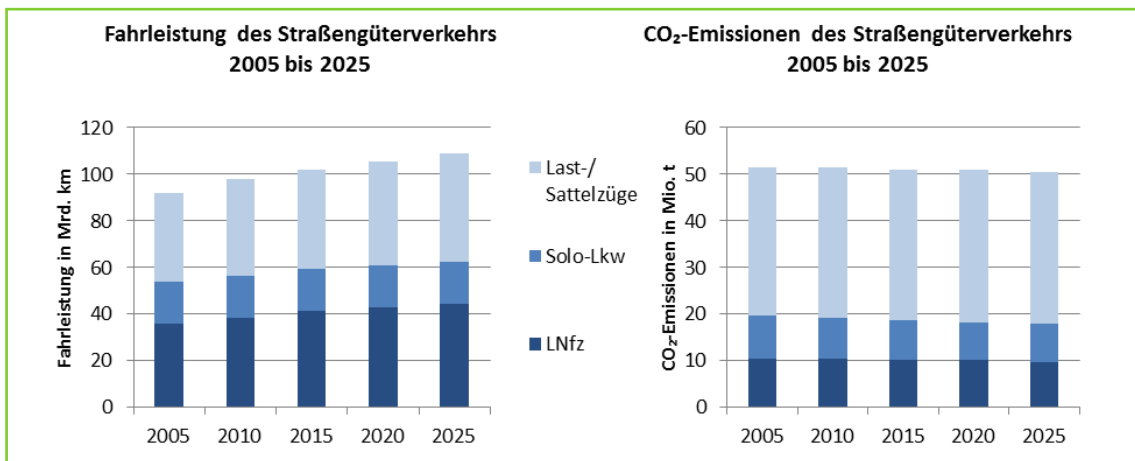


Bild 37: Prognose der Fahrleistung und CO₂-Emissionen des Straßengüterverkehrs
(Quelle: Öko-Institut 2007)

Der Schienengüterverkehr hat einen deutlich geringeren Anteil an den CO₂-Emissionen als der Straßengüterverkehr. Dabei gilt zu berücksichtigen, dass die Emissionswerte gemessen in Tonnen bei Massenguttransporten immer deutlich geringer ausfallen, als bei Volumengut und dass eine steigende Zuglänge sich ebenfalls positiv auf den CO₂-Ausstoß auswirkt.¹²³⁾ Auch im Bereich des Schienengüterverkehrs muss mit einem Anstieg des Verkehrsaufkommens gerechnet werden. Da jedoch eine zunehmende Elektrifizierung des Güterverkehrs zu erwarten ist, wird davon ausgegangen, dass die CO₂-Emissionen unter der Voraussetzung der Verwendung von erneuerbaren Energiequellen lediglich leicht ansteigen.

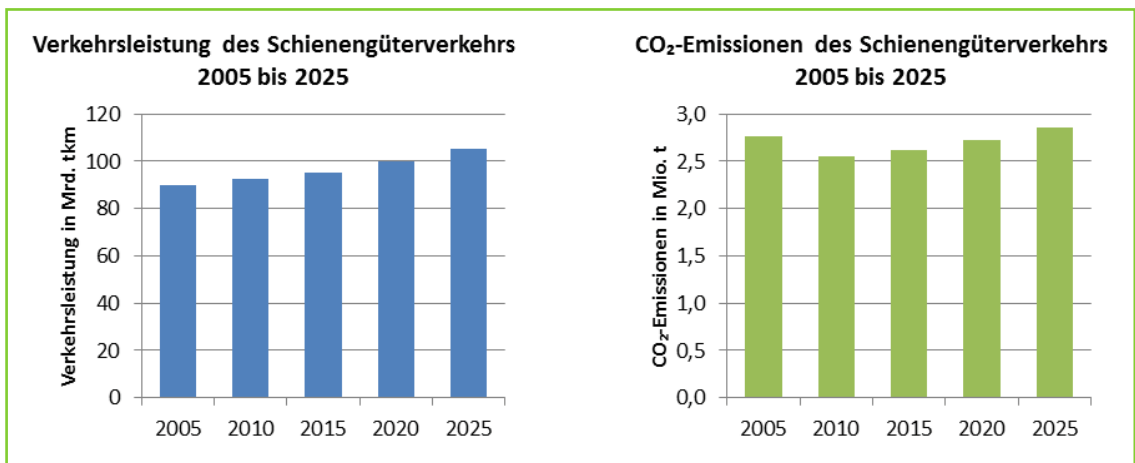


Bild 38: Prognose der Fahrleistung und CO₂-Emissionen des Schienengüterverkehrs
(Quelle: Öko-Institut 2007)

123) Öko-Institut 2007: Nachhaltige Mobilität durch Innovationen im Güterverkehr, Öko-Institut e.V., Lehrstuhl Verkehrssysteme und Logistik der Universität Dortmund, Fraunhofer Institut Materialfluss und Logistik, Berlin/Dortmund 2007

Die Binnenschifffahrt kann in der Regel nicht im direkten Vergleich zu den Verkehrsträgern Schiene und Straße antreten, da sie zur Bewältigung gleicher Relationen meist längere Strecken zurücklegen muss. Ein Vergleich in CO₂-Emissionen pro Tonnenkilometern wäre daher nicht zielführend. In der Studie des Öko-Instituts wurden daher drei definierte Entfernungen verglichen. In der Summe war „die Luftschadstoffbilanz der Binnenschifffahrt [...] auf den ausgewählten Strecken nicht besser als die des Lkw-Transports und deutlich schlechter als die der Bahn“¹²⁴⁾, die CO₂-Emissionen lagen jedoch deutlich unter den Werten des Lkw-Transports und nur leicht höher als die der Bahn (vgl. Bild 39).

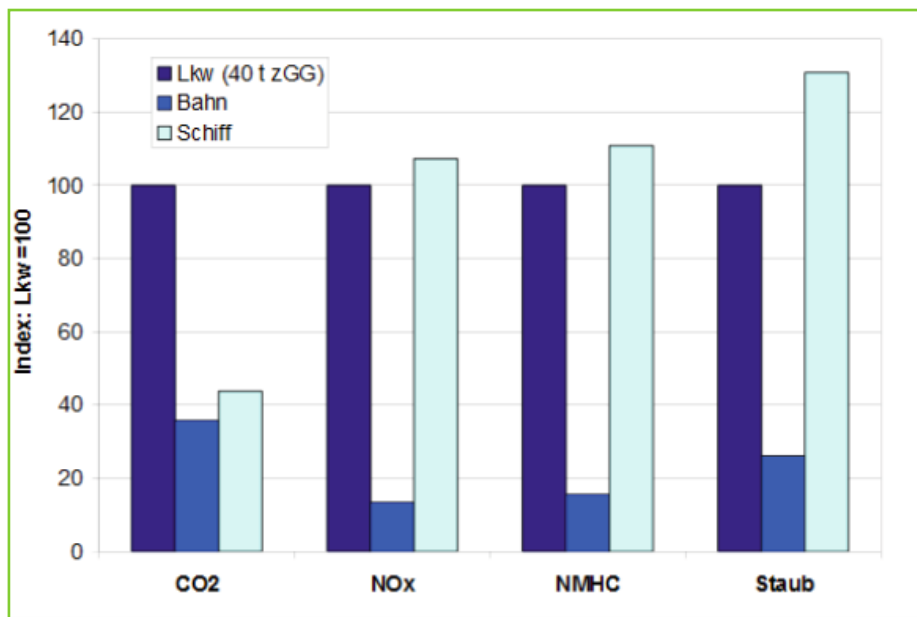


Bild 39: CO₂- und Luftschadstoffemissionen beim Transport auf drei ausgewählten Strecken bei durchschnittlichem Auslastungsgrad für das Jahr 2002¹²⁵⁾

Die Verkehrsemissionsdatenbank des Umweltbundesamts unterstellt auch der Binnenschifffahrt einen deutlichen Anstieg. Da bei Binnenschiffen keine signifikanten Steigerungen der Effizienz zu erwarten sind, wird auch von einem deutlichen Anstieg der CO₂-Emissionen ausgegangen (ca. + 45 % bis 2025; Basisjahr ist dabei 2005).¹²⁶⁾

Der Trend der CO₂-Emissionen im Güterverkehr insgesamt zeigt weiter in ansteigende Richtung (s. Bild 40) und läuft damit dem CO₂-Minderungsziel deutlich entgegen.

124) Öko-Institut 2007: Nachhaltige Mobilität durch Innovationen im Güterverkehr, Öko-Institut e.V., Lehrstuhl Verkehrssysteme und Logistik der Universität Dortmund, Fraunhofer Institut Materialfluss und Logistik, Berlin/Dortmund 2007

125) Ebenda

126) Ebenda

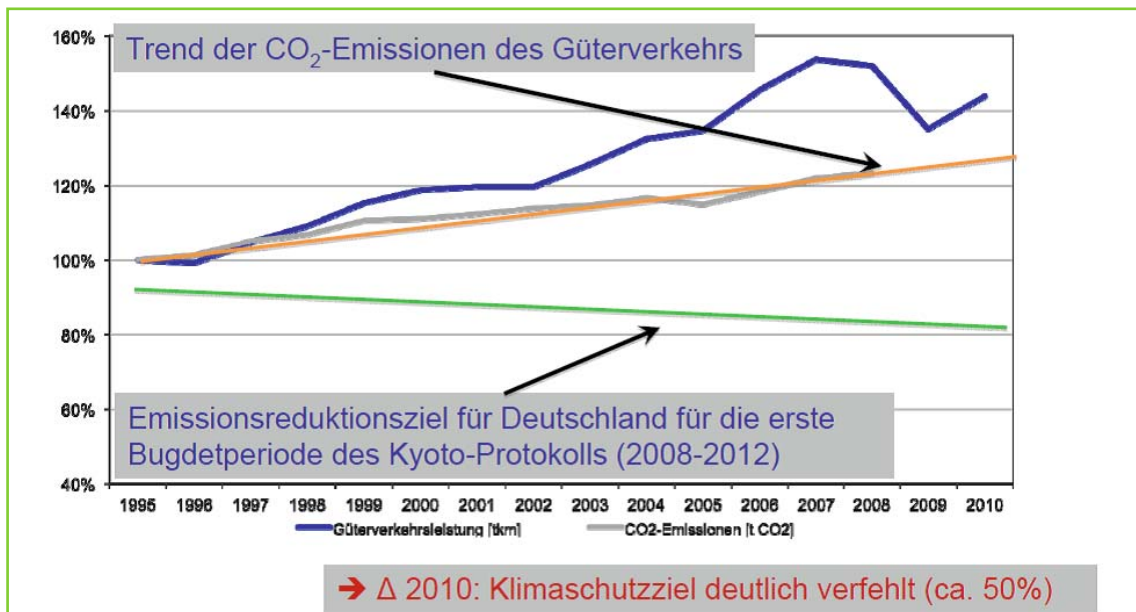


Bild 40: Trend der CO₂-Emissionen des Güterverkehrs¹²⁷⁾





4.5.3 Ansätze hin zu einem umweltverträglichen (postfossilen) Güterverkehr

Eine Reduktion der Schadstoffemissionen und eine gesicherte Mobilität nach dem Peak-Oil kann es nur geben, wenn neue und erweiterte Konzepte des bislang existierenden Güterverkehrs vorangetrieben und entwickelt werden. Die Studie „Nachhaltige Mobilität durch Innovationen im Güterverkehr“¹²⁸⁾ stellt dafür sortiert nach den Verkehrsträgern vielfältige Forderungen bzgl. Maßnahmen zur Umsetzung von Energieeinsparung, zur Reduktion der Treibhausgase und für eine nachhaltigere und umweltschonendere Transportwirtschaft. Im Folgenden sind einige davon aufgeführt:






- Allgemein müssen die Abgasstandards fortentwickelt und weiterhin Emissionen gesenkt werden,
- Förderprogramm „Energieeffiziente Logistik“: Sowohl bei den Fahrzeugen als auch bei Gebäuden bestehen erhebliche Energieeinsparungspotenziale,
- Es muss die Förderung der Anschaffung besonders emissionsarmer Lkw aufgestockt und vorangetrieben werden,
- Die Entwicklung umweltfreundlicherer Antriebe müssen auch im Bereich der Nutzfahrzeuge weiter vorangetrieben werden,
- Umgestaltung der Kfz-Steuer nach CO₂-Verbrauch für leichte Nutzfahrzeuge,
- Reduzierung der Geschwindigkeitstoleranz für Lkw von 90 km/h auf 83 km/h zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs,

127) SRU 2011, S. 144




128) Öko-Institut 2007: Nachhaltige Mobilität durch Innovationen im Güterverkehr, Öko-Institut e.V., Lehrstuhl Verkehrssysteme und Logistik der Universität Dortmund, Fraunhofer Institut Materialfluss und Logistik, Berlin/Dortmund 2007

-  Ausbau der Förderung des Einsatz emissionsärmerer Dieselmotoren in der Binnenschifffahrt,
-  Einbezug der Seeschifffahrt und der Luftfahrt in den EU-Emissionshandel,
-  Schnelle Umsetzung eines einheitlichen europäischen Luftraums,
-  Emissionsabhängige Start- und Landeentgelte an allen deutschen Flughäfen.

Das Umweltbundesamt sieht für die Minderung der Umweltbelastungen durch den Güterverkehr ähnliche Maßnahmen vor und hat u. a. folgende Instrumente vorgesehen:¹²⁹⁾

-  Raumstrukturell ansetzende Instrumente, (Regionalvermarktung, Verkehrsauswirkungsprüfungen),
-  Weiterentwicklung der Lkw-Maut, (Ausweitung auf alle Lkw ab 3,5 t und alle Straßen, Integration externer Kosten),
-  Verkehrsflussoptimierung durch allgemeines Tempolimit (max. 120 km/h auf BAB),
-  Kapazitätssteigerung der Schieneninfrastruktur,
-  Fahrzeugbezogene Grenzwerte für CO₂, CO₂-Grenzwertgesetzgebung.

Weitere Maßnahmen insbesondere auf kommunaler Ebene sind:

-  Förderung von Warenbündelung und Auslastungserhöhung: Kooperative Ansätze, Großbaustellenlogistik, Güterverkehrszentren und Subzentren,
-  Umweltorientierte Verkehrssteuerung (Zufluss-, zeitl. Dosierung): Umweltzonen,
-  Information, Beratung, Moderation für ökologisches Fahrverhalten, Fahrzeuganschaffung und Logistik.

Die Abhängigkeit des Güterverkehrs von Öl-Vorkommen und vom Ölpreisen wird durch die fortwährende Dominanz des Straßengüterverkehrs nur langsam abnehmen. Einige Pilotprojekte mit Elektrofahrzeugen bei KEP-Diensten o. ä. zeigen zwar interessante Alternative, doch stellen diese bisher keine umfassenden Lösungen für die Zeit nach dem Öl dar. Daher ist zu vermuten, dass der Transport in Zukunft teurer wird und eine Stärkung von Fertigungsstätten im Inland, zentrale Wege und hoch ausgelasteten Lieferketten mit Warenbündelung sowie längeren Lauf- aber kürzere Transportweiten zu erwarten sind.

¹²⁹⁾ UBA 2009: Strategien für einen nachhaltigen Güterverkehr, Texte 18/2009, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2009

4.5.4 Bestehende Problemfelder

Die kommende Steigerung des Güterverkehrs lässt die bereits bestehenden Engpässe zu Nadelöhren und den letztendlich entscheidenden Stellschrauben des gesamten Wirtschaftsverkehrs werden. Auch wenn verschiedene Ansätze existieren, den Verkehr zu verlagern und umweltfreundlicher zu gestalten, lassen sich diese nicht einfach kurzfristig umsetzen.

Die zunächst scheinbar trivialste Lösungsstrategie zur Begegnung einer Überlastung der Infrastruktur ist die Verkehrsvermeidung. Sie muss in der Betrachtung des Potenzi- als immer den ersten Schritt hin zu einem nachhaltigen Güterverkehr darstellen.

Im Zuge des zunehmenden Internethandels und der Veränderung des Konsumverhaltens der Bevölkerung sind in den letzten Jahren vor allem die Fahrten im Bereich der Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP-Dienste) deutlich gestiegen. Der Einsatz der Fahrzeuge wird dabei von jedem Dienstleister intern geplant und umgesetzt. Innerhalb von Großstädten haben damit viele Konkurrenten viele einzelne, eigene Zentrallager, die mit den Fahrzeugen angefahren werden und von denen aus über das ganze Stadt- und Umlandgebiet hinaus Verteilerfahrten stattfinden. So kann es passieren, dass sowohl der Dienstleister 1 als auch Dienstleister 2 und Dienstleister 3 an einem Tag die gleiche Straße und gegebenenfalls sogar das gleiche Haus anfahren, um Pakete auszuliefern. Ideallösungen zur Verkehrsvermeidung wie eine verstärkte Kooperation der konkurrierenden Dienstleister, ein gemeinsames Zentrallager und die Bündelung der Warenströme scheitern jedoch alle aufgrund bestehender rechtlicher Unklarheiten im Garantiefall und aufgrund zahlreicher Bedenken, das Betriebsgeheimnis und die Umsatzkennzahlen betreffend.

Der zweite Schritt hin zu einem nachhaltigen Güterverkehr ist die Verkehrsverlagerung. Die gravierenden Steigerungen des Güterverkehrs auf der Straße werden langfristig zu deutlichen und langanhaltenden Überlastungserscheinungen auf den Autobahnen führen. Eine angestrebte Verlagerung auf die Schiene kann diesem Problem jedoch nur bedingt entgegen treten, da das bestehende Schienennetz kaum Kapazitäten aufweist und durch die Vorrangstellung des Schienenpersonenverkehrs zusätzlich erschwerende Randbedingungen bei der Beschaffung von Transporten bestehen. Eine langfristige Verlagerung von mehr Straßengüterverkehr auf die Schiene bedarf eines umfangreichen Netzausbaus der Schieneninfrastruktur. Dieser lässt sich nicht innerhalb von wenigen Jahren, sondern nur innerhalb mehrerer Jahrzehnte realisieren.

Auch der geforderte und geförderte Umstieg auf andere Ressourcen, wie die Elektromobilität, stoßen an Grenzen. Während es im Bereich der KEP-Dienste schon heute möglich ist, auf Fahrzeuge mit Elektroantrieb zu setzen, weil die Gesamtstrecke eines durchschnittlichen Fahrzeugeinsatzes an einem Tag die derzeit bestehenden Reichweiten von ca. 250 km nicht überschreiten, gelten für viele anderen Zweige des Wirtschaftsverkehrs zum Teil deutlich längere durchschnittliche Distanzen pro Tag, so dass ein wirtschaftlicher Einsatz von Fahrzeugen mit Elektroantrieb derzeit nicht möglich ist. Zudem existieren Batterien und Antriebe für schwere Lkw derzeit lediglich in verschiedenen Testphasen und werden sich aufgrund hoher Anschaffungskosten wahrscheinlich nur langsam auf dem Markt etablieren.

Alles in allem besteht daher trotz guter Ansätze und vieler Ideen akuter Handlungsbedarf und ein sich zuspitzender Kampf um die Kapazitäten der Infrastruktur.





4.6 Elektromobilität und andere nicht-fossile Antriebe

Der Begriff „Energiewende“ bezeichnet die Neuausrichtung der Energieversorgung in den Bereichen Energie, Wärme und Verkehr – weg von der Kernenergie und den fossilen Energiearten Öl, Kohle und Gas vor allem hin zur Nutzung erneuerbarer Energiearten (Wende im Einsatz von Energierohstoffen). Die Elektromobilität bietet hier mehrere Optionen, einerseits durch die Aufladung der Batteriespeicher mit regenerativen Energien und andererseits die Nutzung der Fahrzeugbatterien als Speicher (sofern sie mit dem Netz verbunden sind). Mit der Energiewende werden auch eine höhere Energieeffizienz und das Sparen von Energie angestrebt. Die nachfrageorientierte und in hohem Maße zentralisierte Energiebereitstellung soll zunehmen durch angebotsorientierte und dezentrale Angebotsformen ersetzt werden.

In Deutschland beginnt die Energiewende mit dem „Atomkonsens“ im Jahr 2000 und dem zeitgleich verabschiedeten Erneuerbare-Energien-Gesetz. Die im Herbst 2010 beschlossene Laufzeitverlängerung für Kernkraftwerke wurde im März 2011 mit der Nuklearkatastrophe in Fukushima, Japan, korrigiert. Seither vollzieht sich die Energiewende rascher als erwartet. Im ersten Halbjahr 2012 lag der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung in Deutschland bei 25 %. Mit der Energiewende ist die Möglichkeit verbunden, zunehmend auch den Verkehr mit alternativen Energieformen zu betreiben. Insofern werden Energie- und Verkehrswende neuerdings als zwei Seiten einer Medaille aufgefasst.¹³⁰⁾

Wenn die Klimaschutzverpflichtungen der Bundesregierung, die Klimaschutzziele eines Klimaschutzgesetzes NRW oder die Leitvorstellungen des Weißbuchs der EU umgesetzt werden sollen, sind nicht-fossile Antriebstechnologie unabdingbar. Postfossiler Verkehr ersetzt die fossilen Energieträger Kohle, Gas, Erdöl und die Kernenergie, welche die Bewegung von Personen, Gütern und Informationen ermöglicht, durch erneuerbare Energieträger, hohe Energieeffizienz und Körperkraft. Dabei kann mit der Elektromobilität mit nur einem Umwandlungsprozess und der Speicherung der elektrischen Energie in Batterien ein Weg beschritten werden, aber auch z. B. die Wasserstofftechnologie bzw. Brennstoffzellen bieten sich als Option an. Bei letzterem wird mittels erneuerbarer Energien Wasserstoff erzeugt und dient als Speichermedium und kann dezentral als Antriebsenergie genutzt werden. Damit wird die postfossile Mobilität zur wesentlichen Klimaschutzstrategie im Verkehr und mindert die wirtschaftlichen Risiken des „peak oil“. Die Bundesregierung hat daher das Ziel, Deutschland bis 2020 zum Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität zu machen. Ziel der Nationalen Plattform Elektromobilität ist es, bis zum Jahr 2020 rund 1 Millionen Elektrofahrzeuge in den Verkehr zu bringen.

Wesentliche Stärken der Elektromobilität sind:

-  alle bekannten Energieformen lassen sich in Strom umwandeln,
-  Strom wird damit so etwas wie eine „internationale Leitwährung“,
-  Strom ist über die Steckdose beinahe ubiquitär verfügbar, und
-  das für 2040 angedachte Grenzspektrum von 10 – 35 gCO₂/km mit Verbrennungsantrieben aller Wahrscheinlichkeit nicht realisiert werden kann.

¹³⁰⁾ Vgl. Energiewende in <http://de.wikipedia.org/wiki/Energiewende>, vom 31.05.2013

Der Anstieg der Preise für fossile Brennstoffe kann sich dabei als „Treiber“ für einen forcierten Umstieg auf die postfossile Mobilität erweisen. Die Elektromobilität aber auch andere postfossile Antriebsarten können – bei Speisung aus regenerativem Strom-mix – und je nach verkehrspolitischer bzw. siedlungsstruktureller Leitvorstellung einen unterschiedlichen, aber immer wesentlichen, Beitrag zur CO₂Minderung leisten. Bild 41 macht deutlich, dass die politisch beabsichtigte Entwicklung der CO₂-Grenzwerte auf Dauer nicht mehr allein durch die Effizienzsteigerung der Verbrennungskraftmotoren gewährleistet werden kann.

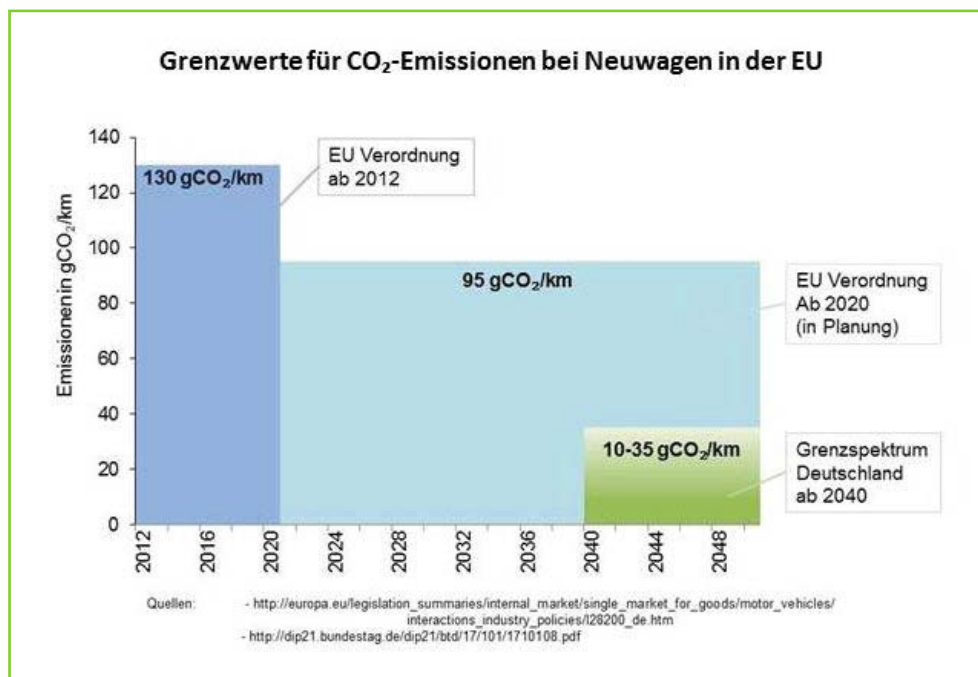


Bild 41: Entwicklung der politisch beabsichtigten Grenzwerte für CO₂-Emissionen bei Neuwagen in der EU¹³¹⁾

Die Hoffnung liegt hier auf den sogenannten „early adopters“, also auf Nutzern, die gerne eine technologische Vorreiterrolle übernehmen und bei denen der Preis eine eher nachrangige Rolle spielt.

Andererseits ist dieses Ziel – 1 Millionen Elektrofahrzeuge bis 2020 in Verkehr zu bringen – inzwischen von vielen Beteiligten als unrealistisch erkannt worden. Ein rein technikbasiertes Vorgehen scheint sich somit als nicht zielführend herauszustellen, so dass sich die Frage nach Alternativen wie z. B. einer Stärkung des Umweltverbands stellt. Zwischen den – mit Unsicherheiten behafteten – Handlungsoptionen tut sich also ein gewisser Spagat auf, den es zu meistern gilt.

Bei der funktionalen Gestaltung von Elektromobilen kommt es auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Leistungsfähigkeit der Batterie hinsichtlich der Reichweite, dem Fahrzeuggewicht und den Lademöglichkeiten (Steckdose, Ladestationen, Fahrdrähte, induktive Ladung, Range-Extender) an. Ein Systemvorteil der Elektromobilität liegt in der Rekuperationsfähigkeit, also dem Nachladen bei Bremsvorgängen.

¹³¹⁾ Eigene Grafik nach: http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/motor_vehicles/interactions_industry_policies/l28200_de.htm und <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/17/101/1710108.pdf>

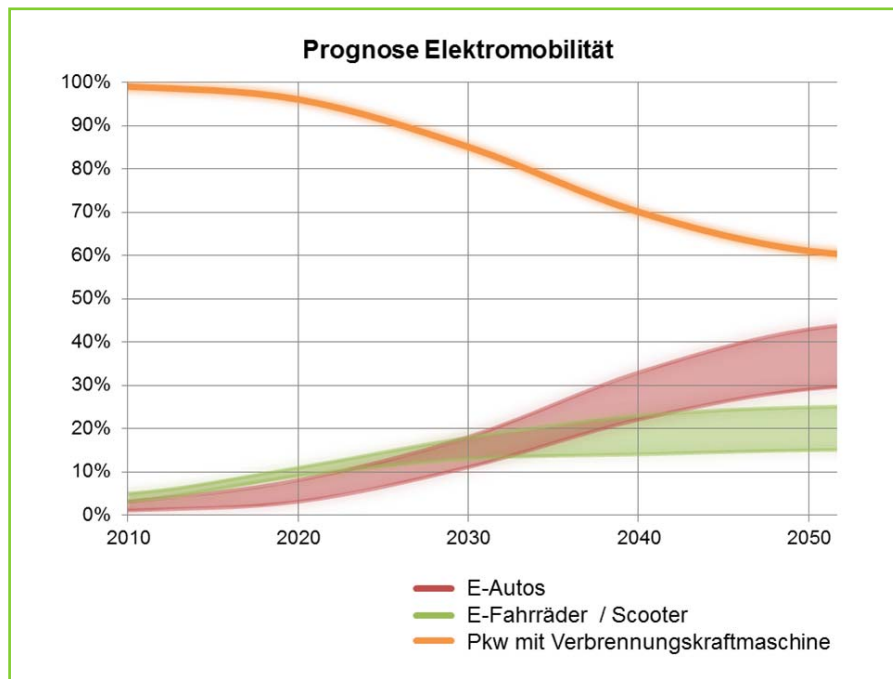


Bild 42: Versuch einer Prognose der Entwicklung der Elektromobilität vor dem Hintergrund plausibler Annahmen¹³²⁾

Richtig verstandene Elektromobilität verlangt völlig neu konzipierte Fahrzeuge, völlig neue Akteurs- und Wertschöpfungsketten und Lösungen für technische Komponenten, die bisher zu marktverträglichen Preisen noch nicht vorliegen. Die Automobilindustrie der Elektromobilität wird eine völlig andere sein, als die der Verbrennungsmotorentechnologie. Der damit verbundene absehbare Strukturwandel in der Autoindustrie wird in seinen Konflikten öffentlich noch nicht erkennbar.

Es ist derzeit nicht absehbar, welche der technischen Lösungen sich bei welchen Fahrzeugkonzepten auf Dauer durchsetzen werden. Aktuell scheint der Weg in die Elektromobilität über Hybridantriebe, rein batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) hin zu Brennstoffzellenfahrzeugen (FUC) zu führen. Daneben werden gegebenenfalls auch klassische Verbrennungsantriebe gespeist, die mit alternativen Kraftstoffen der II. Generation existieren.

Elektromobilität ist mehr als „auto“-Mobilität

Der Öffentliche Verkehr war einer der ersten Anwender elektrischer Antriebe unter den harten Anforderungen des verkehrlichen Alltags. Heute nutzen weite Teile des öffentlichen Verkehrs elektrische Antriebe im Straßen-, Stadt- und U-Bahnbereich, sowie im Eisenbahnverkehr.

Die Schuldenbremse wird in den nächsten Jahren die finanziellen Handlungsspielräume im Verkehrswegebau massiv einschränken. Neben der Konzentration auf die Erhaltung und Erneuerung von Verkehrsinfrastruktur formuliert die Politik für Neubauvorhaben – zunehmend deutlich – Forderungen an Verkehrsingenieure und Fahrzeugbauer „neue

¹³²⁾ Quelle: eigene Darstellung, Abschätzung

Lösungen“ anzubieten, die preiswert und dabei nachhaltig ihre Aufgabe erfüllen. Ein gutes Beispiel für eine solche Lösung können die Elektrobusse sein, da diese die Vorteile von Straßenbahn und Omnibus miteinander vereinen (Kapazität, Kosteneffizienz, Integration ins Umfeld). Mit diesen sind bereits umfangreiche technische und wirtschaftliche Erfahrungen gesammelt worden. Bis 2030 könnte der ÖV bei entsprechenden politischen Weichenstellungen komplett elektrisch in „Zero-Emission“ gefahren werden.¹³³⁾

Elektromobilität hat eine neue Kreativität bei der Entwicklung höchst innovativer Mobile ausgelöst. Völlig neue Fahrzeugkonzepte (Segway, SuperFour, Twizzy oder i3) bringen Bewegung in die Diskussion um die Mobilität der Zukunft mit umfassenden Wirkungen für die Ausgestaltung von Stadt- und Verkehrsentwicklung.

Elektrofahrräder zeigen, dass die Kunden neuen Technologien gegenüber aufgeschlossen sind, wenn sie ihnen einen erweiterten Nutzen bieten und bezahlbar sind. Der Verkauf von Elektrofahrrädern weist spektakuläre Zuwachsraten auf. Elektrofahrräder definieren das Radfahren hinsichtlich Durchschnittsgeschwindigkeit und Reichweite neu. Sie stellen gegenüber dem klassischen Fahrrad ein neues Verkehrsmittel dar, das sich für die Mobilitätszwecke Freizeit, Wirtschafts- und Alltagsverkehr zunehmend weiter ausdifferenziert und mit zunehmender Leistungssteigerung die Grenze zu mofa- oder motorradähnlichen Vehikeln immer mehr verschiebt. Daneben werden wir in den nächsten Jahren neue e-Scooter und Elektroroller auf unseren Straßen erleben.

Planung der Netzstrukturen

Für die postfossile Mobilität liegt es nahe, die Verkehrssysteme von den Verknüpfungspunkten und den Linien des ÖV her zu denken und zu entwickeln. Für den ÖV könnte es sich als Systemvorteil erweisen, dass er zumindest in den großen Städten über leistungsfähige Stromtrassen im Linienvverlauf verfügt. Diese Energie kann auch zur Schnellladung von individuellen e-Mobilitätsformen insbesondere an den Haltepunkten zur Verfügung gestellt werden, die so zu multimodalen Verknüpfungspunkten mit e-Car-/e-Bike-Sharing-Angeboten und Ladestationen für private e-Mobile werden können.











Planung der Ladeinfrastruktur






Ein Großteil der Elektrofahrzeuge wird zu Hause in der Garage geladen werden. Für weitere Ladestationen bieten sich öffentliche Parkhäuser, Parkflächen von Einkaufszentren und Firmenparkplätze an. Aufgrund beschränkter Reichweiten von Elektrofahrzeugen ergibt sich die Notwendigkeit, Straßen und Plätze aus städtebaulichen Gründen hinsichtlich ihrer Nutzungsmöglichkeiten für Ladesysteme zu prüfen. Eine weitere Anforderung an die Organisation der Ladevorgänge entsteht aus der konzeptionellen Idee des „smart grids“. Hier nutzt die Energiewirtschaft alle an Ladestationen angeschlossenen e-Mobile im Verbund als überdimensionalen Energiespeicher.

133) Dies ist eine Aussage von Prof. Dr. Adolf Müller-Hellmann, Geschäftsführer VDV-Förderkreis

4.7 Erkenntnisse aus den Megatrends

Fasst man die beschriebenen Entwicklungen der Megatrends in ihren Folgen für die Verkehrsentwicklung und Verkehrsgestaltung zusammen, ergibt sich folgendes Bild:

-  Die finanziellen Handlungsspielräume der öffentlichen Hand und der privaten Haushalte werden geringer.
-  Gleichzeitig wächst aufgrund des Nachholbedarfs in der Erhaltung der bestehenden Verkehrsinfrastruktur und des Anpassungsbedarfs der bestehenden Verkehrsangebote der Handlungsdruck in Richtung stärkerer Nutzerfinanzierungen.
-  Die Mobilitätskosten für die Haushalte steigen an; gleichzeitig steht ihnen aufgrund der oben beschriebenen Zusammenhänge für Mobilität eher weniger Geld zur Verfügung. Die Gefahr für Empfänger von Transfereinkommen, an verschiedenen Aktivitäten nur noch begrenzt teilnehmen zu können wächst und führt zu sozialen Ungleichgewichten, so dass eine Anpassung der Mobilitätsangebote erforderlich werden kann. Gleichzeitig führen multilokale und individualisierte Lebensstile zu einem steigenden Verkehrsaufwand, eröffnen aber auch die Chance bzw. die Notwendigkeit, Lebensstandorte verkehrsoptimal zu organisieren.
-  Die demografische Entwicklung führt zu räumlichen und modalen Veränderungen in der Verkehrsnachfrage; dies macht Anpassungen und Umbau in den Verkehrsangeboten nötig.
-  Orte hoher Zentralität und überdurchschnittlicher Lebensbedingungen verzeichnen noch bis 2030 Wachstum; ihnen stehen schrumpfende Regionen unterdurchschnittlicher Lebensbedingungen zumeist in den peripheren ländlichen Räumen gegenüber. Dem Verkehrswachstum in spezifischen Regionen steht in weiten Teilen eine Stagnation bzw. ein Rückgang in der Verkehrsnachfrage gegenüber.
-  In peripheren ländlichen Regionen stellt sich die Frage, wie eine grundlegende Daseinsvorsorge aufrechterhalten werden kann; dies stellt vor allem den öffentlichen Verkehr vor besondere Herausforderungen.
-  Die Nachfrage nach Verkehrsangeboten erfordert im ländlichen Raum mehr nachfrageorientierte, flexible und alternative Bedienungsformen, deren Finanzierung aber auch stark erschwert ist.
-  Kompakte Siedlungsstrukturen stützen den Umweltverbund und fördern autoarme Lebensstile. Das Ziel verkehrssparsamer Siedlungsstrukturen durch die Umkehrung der Suburbanisierung in eine Reurbanisierung, der extensiven Flächenausweitung in eine Innenentwicklung ist nach wie vor nicht vollständig erreicht, führt zugleich auf dem Wohnungsmarkt in Wachstumsregionen zu Preissteigerungen bzw. Engpässen an bezahlbarem Wohnraum.
-  Der Autobesitz verliert für junge Erwachsene im Vergleich zur Nutzung multimodaler Optionen an Bedeutung und sinkt deutlich.
-  In einer alternden Gesellschaft kann die Bedeutung des Umweltverbundes wachsen. Damit wächst die Bedeutung intermodaler verlässlicher und nahtloser Bedienformen unter energieeffizienten Stadt- und Verkehrsstrukturen, in denen private PKW eine abnehmende Bedeutung haben.

-  Neue und bestehende, verbesserte Auskunftssysteme (z. B. Smartphones) erleichtern den Zugang zum Umweltverbund und übernehmen eine Leitfunktion bei Mobilitätsentscheidungen.
-  Die differenzierten demografischen Entwicklungen in den Teilräumen machen regionale und kommunale Verkehrskonzepte notwendig, die den Schutz des Klimas und die Reduktion fossiler Treibstoffe zum Ziel haben. Diese sollten sich auf die Zielhorizonte 2030 und 2050 beziehen.
-  Der Güterverkehr und im speziellen der Straßengüterverkehr ist einer der Haupttreiber der CO₂-Emissionen. Einem weiterhin ansteigenden Verkehrsaufkommen insgesamt und einem deutlichen prognostizierten Anstieg des Straßengüterverkehrs stehen bislang keine umfassenden und schnell umsetzbaren Lösungsstrategien entgegen. Um einer Überlastung der Infrastruktur entgegen zu wirken und auch die Verlagerungsziele zu erreichen, muss massiv in den Ausbau der Schieneninfrastruktur investiert werden und gleichzeitig an fahrzeugseitigen Lösungen für eine Minderung des CO₂-Ausstoßes der schweren Nutzfahrzeuge, Lkw und Sattelschlepper gearbeitet werden.
-  Die KEP-Branche könnte im Zuge einer Umrüstung aller Flotten auf Elektrofahrzeuge einen deutlichen Beitrag zur Emissionsminderung beitragen. Zudem könnte durch eine umfassende Reform der derzeitigen Auslieferungskonzepte und eine branchenweite Kooperation der konkurrierenden Anbieter ein deutlicher Beitrag zur Verkehrsvermeidung geleistet werden. Diesem stehen bislang jedoch die Bewahrung der Betriebsgeheimnisse und eine fehlende Rechtsprechung in der Gewährleistung entgegen.
-  Elektromobilität ist eine Zukunftstechnologie, die einen hohen Beitrag zur Bewältigung der Anforderungen aus Klima- und Ressourcenschutz und zur Energiewende leisten kann. Aufgrund der beschränkten Reichweite fordert Elektromobilität neue Fahrzeugkonzepte und ein angepasstes, verändertes Verkehrsverhalten ein, bis leistungsfähigere Energiespeichersysteme wirtschaftlich vermarktet werden können. Gleichwohl gilt es zu bedenken, dass der anvisierte Elektroauto-Massenmarkt für die Hardware-Komponenten seiner Energiespeichersysteme allerdings auch endliche Ressourcen benötigt. Insofern kann die Elektromobilität auch nur ein Lösungsbaustein im Mobilitätbaukasten sein.

Die Tabelle 1 gibt eine stark generalisierte, erste Einschätzung der Wirkung der Megatrends auf den Klimaschutz wieder.

Tabelle 1: Wirkungen der Beiträge aus Megatrends auf den Klimaschutz

Megatrends	Verkehr			Handlungsbedarf
	vermeiden	verlagern	verträglich gestalten	
Bevölkerungsrückgang	++	0	0	Anpassung der Infrastrukturen und Betriebskonzepte
Alterung	0	+		Anpassung der Finanzierungs- und Fördersysteme
Multilokalitäten	--	0	0	Anreize zur Optimierung der Standortwahl setzen
Ausdifferenzierung Wirtschaftsprozesse	--	-	-	Schutz des Außenbereich, Innenentwicklung
Bestellgeschäfte/Lieferservices	--	--	0	Lade-/Lieferfahrzeuge mit alternativem Antrieb
Suburbane Entwicklung	--	-	-	Flächenausweisung im Umland aussetzen
Reurbane Entwicklung	++	+	+	Chance zur verträglichen Gestaltung
Bedeutungsverlust peripherer Räume	--	0	0	Daseinsvorsorge gewährleisten, flexible Bedienung
Finanzkraft der öffentlichen Haushalte	+	+	0	Einfache aber effektive Maßnahmen ergreifen
Finanzkraft der privaten Haushalte	++	++	0	Keine Reduktion der Kraftstoffbesteuerung
Bedeutungsverlust Auto	+	++	+	Multimodale Informations- und Ticketsysteme ausbauen
Multimodale Orientierung	+	++	+	Multimodale Informations- und Ticketsysteme ausbauen
Rad-/Auto-Teilerkonzepte	0	+	+	Multimodale Informations- und Ticketsysteme ausbauen
Steigerung PKW-Effizienz	0	0	+	Keine Reduktion der Kraftstoffbesteuerung
Elektromobilität, alternative Antriebe	0	0	++	Keine Reduktion der Kraftstoffbesteuerung
Entwicklung der Treibstoffpreise	++	++	++	Keine Reduktion der Kraftstoffbesteuerung
Ressourcenverknappung	++	++	++	Keine Marktbeeinflussung
Erhaltungszustand der Infrastruktur	+	++	0	Erhaltung/Erneuerung vor Aus- und Neubau, ÖV vor IV

5 Forecast- oder Technikszenario (2030)

Die Minderungspotenziale des Technik-Szenarios werden – ausgehend von heute – in einem „Forecasting“ zunächst auf das Jahr 2030 und in einem weiteren Schritt auf das Jahr 2050 hochgerechnet und mit den Klimaschutzzielen verglichen. In diesem Abschnitt wird die Entwicklung bis 2030 behandelt. Auf die Berechnung bis zum Jahr 2050 wird im nachfolgenden Abschnitt 6 eingegangen.¹³⁴⁾

Für das Forecast-Szenario (2030) erfolgt hinsichtlich der Rahmenbedingungen ein Rückgriff auf die ifmo-Studie „Zukunft der Mobilität, Szenarien für das Jahr 2030“¹³⁵⁾. Diese Studie zeigt drei unterschiedliche Bilder zur Mobilität im Jahre 2030 auf. Das Szenario „Gereifter Fortschritt“ scheint dabei im Vergleich zu den beiden anderen Szenarien das realistischere Zukunftsbild zu zeichnen (wenn auch sicherlich nicht in allen Aspekten). Deshalb wird im Folgenden ein Forecast-Szenario 2030 entwickelt, das im „Wenn-Teil“ deutliche Übereinstimmungen mit dem ifmo-Szenario „Gereifter Fortschritt“ aufweist. Dieses Forecast-Szenario wird unter der Zielsetzung konzipiert, die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in Deutschland bis zum Jahre 2030 deutlich zu verringern und dabei die Verknappung fossiler Energieträger zu berücksichtigen. Das Szenario umfasst in seinem „Wenn-Teil“ sowohl die Beschreibung wesentlicher Rahmenbedingungen und deren Entwicklung bis zum Jahr 2030 als auch zusätzliche, die Zielsetzung unterstützende Maßnahmen.

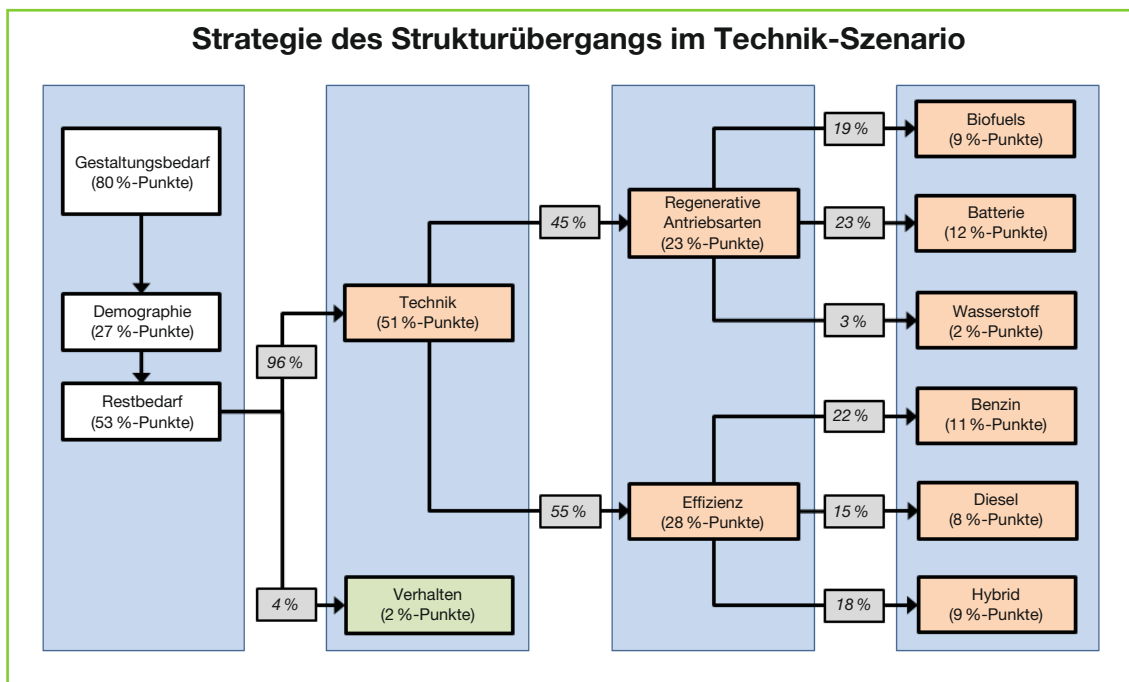


Bild 43: Strategie des Strukturübergangs im Technik-Szenario

134) Diese Vorgehensweise ist in der Historie des QA 7 begründet. Zunächst wurde das Technik-Szenario auf Basis des ifmo-Szenarios „Zukunft der Mobilität, Szenarien für das Jahr 2030“ bis 2030 entwickelt und zu einem späteren Zeitpunkt bis zum Jahr 2050 hochgerechnet. Da die Überlegungen zum Technik-Szenario (2030) als Grundlage auch für die Hochrechnung bis zum Jahr 2050 dienen, wird der erste Teil hier zuerst dargestellt.

135) Zukunft der Mobilität, Szenarien für das Jahr 2030; Institut für Mobilitätsforschung (ifmo), BMW AG, München, 2010

Im Forecast-Szenario 2030 werden Luftverkehr, Seeschiffsverkehr und Rohrleitungsverkehr nicht berücksichtigt. Ebenso wenig werden die bei der Herstellung der Kraftstoffe und der Fahrzeuge anfallenden CO₂-Emissionen berücksichtigt.

Die demografischen, wirtschaftlichen, stadt-/raumstrukturellen und verkehrlichen Rahmenbedingungen im Forecast-Szenario 2030 werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

5.1 Demografie

Die Bevölkerung nimmt um ca. 5 Millionen Menschen ab (von 82 Mio. im Jahre 2008¹³⁶ auf 77,3 Mio. im Jahre 2030) und altert (Bild 44).

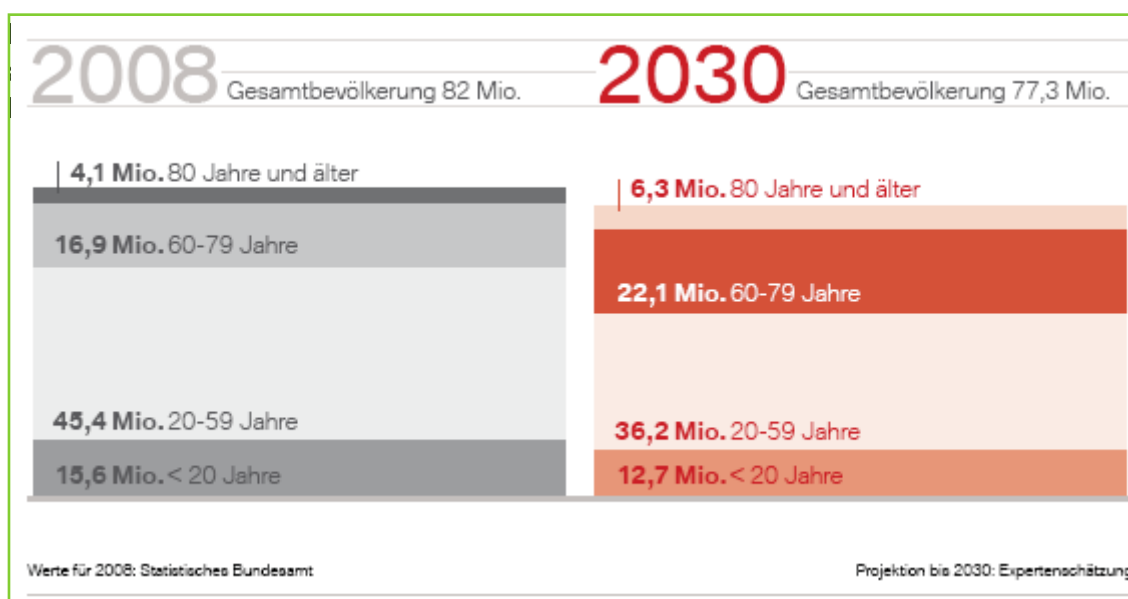


Bild 44: Entwicklung der Demografie, Szenario „Gereifter Fortschritt“¹³⁷⁾

Für das Bruttoinlandprodukt wird im ifmo-Szenario „gereifter Fortschritt“ bis zum Jahre 2030 ein jährliches Wachstum von durchschnittlich 0,7 % angenommen. Es nimmt somit in geringerem Umfang als bis zum Jahre 2008 zu. Stärkere Wachstumsphasen wechseln sich mit Krisensituationen ohne oder mit Phasen nur sehr geringen Wachstums ab. Aufgrund der demografischen Entwicklung nimmt die Zahl der Erwerbstätigen ab und kann auch nicht durch einen positiven Einwanderungssaldo von rd. 100.000 Personen pro Jahr ausgeglichen werden. Allerdings führen bildungspolitische Reformen zu einem höheren Anteil qualifizierter Arbeitskräfte und die soziale Spreizung in der Gesellschaft nimmt nicht weiter zu.

Die Kosten für Mobilität nehmen in allen Verkehrsbereichen deutlich zu, vor allem aufgrund steigender Kraftstoffpreise (Erdölpreis von 200 \$/Barrel im Jahre 2030) und emissionsbedingter Abgaben.

136) Bezugsjahr des ifmo-Berichts ist 2008

137) Quelle: ifmo-Bericht

5.2 Stadt-/Raumstruktur

Über die demografische und wirtschaftliche Entwicklung hinaus werden in den ifmo-Szenarien zudem Annahmen zur Entwicklung der Stadt- und Raumstruktur getroffen. Die Kluft zwischen prosperierenden Ballungsräumen und strukturschwachen Regionen wächst an, weil Abwanderungen aus den strukturschwachen Regionen in wirtschaftlich stärkere Gebiete zunehmen, was zu Konzentrationstendenzen der Bevölkerung in den Städten und damit auch zur Abnahme der Zahl der Pendler und der über die Pendler aufsummierten Längen der Pendlerwege führt (siehe als Beispiel die Entwicklung in Frankfurt am Main in den Jahren zwischen 1992 und 2007, Bild 45). Stadtplanerische und siedlungsstrukturelle Maßnahmen sowie Bildungs- und Kulturpolitik verstärken diesen Trend.

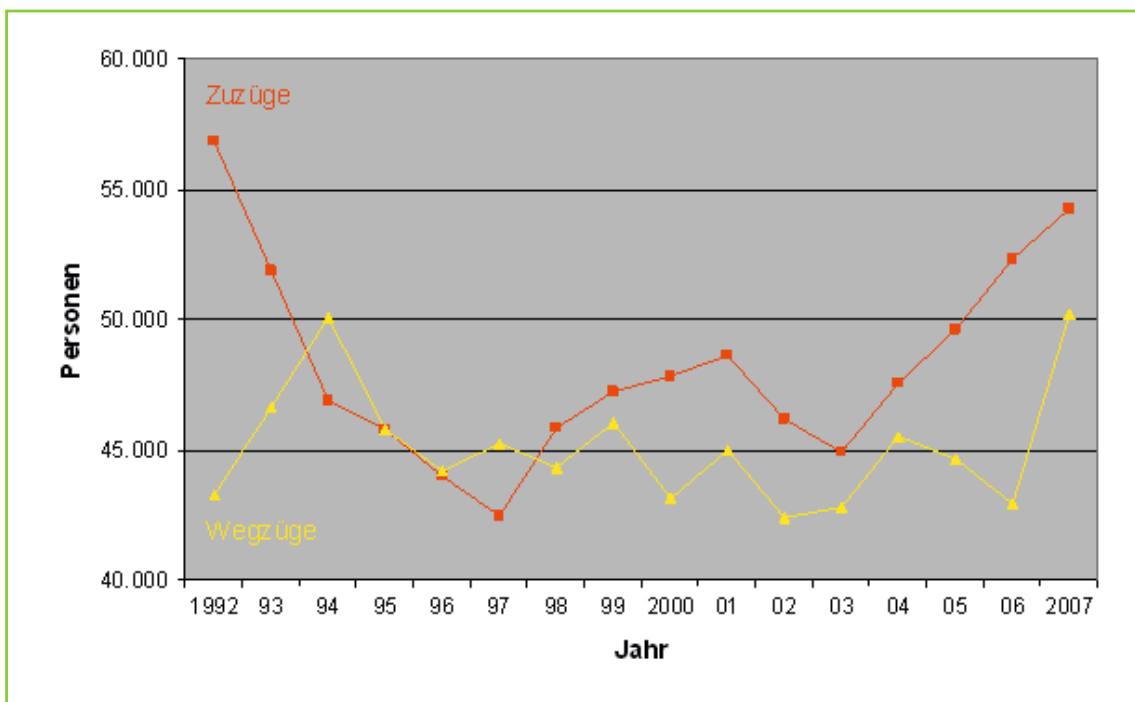


Bild 45: Zuzüge nach und Wegzüge von Frankfurt am Main¹³⁸⁾

Das Niveau der Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur wird im ifmo-Szenario „Gereifter Fortschritt“ bis zum Jahr 2030 in etwa konstant gehalten, wobei in erster Linie in den Erhalt der Infrastruktur und erst in zweiter Priorität in den punktuellen Ausbau auf nachfragestarken Abschnitten des Verkehrsnetzes („Engpässe“) investiert wird. Aufgrund der unterschiedlichen demografischen und wirtschaftlichen Entwicklung wird in einigen Ballungsräumen noch ein leichter Anstieg, in strukturschwachen Regionen ein Rückgang der Verkehrsnachfrage eintreten. Der Güterverkehr auf Straße, Schiene und Binnenwasserstraße nimmt weiter zu, insbesondere auf der Straße.

Infolge der getroffenen Basisannahmen wird zudem davon ausgegangen, dass sich das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung ändern wird: Der eigene Pkw spielt nicht mehr die gleiche Rolle wie noch zu Beginn des 21. Jahrhunderts (Car-Sharing und Konzepte gemeinschaftlicher Nutzung werden bedeutsamer, weshalb auch die jährliche Fahr-

¹³⁸⁾ Quelle: Frankfurter Statistische Berichte

leistung pro Pkw etwas zurückgeht), der Motorisierungsgrad in Deutschland wächst gegenüber 2008 nicht weiter an. Im städtischen Verkehr spielt das Fahrrad (Elektrofahrrad) eine zunehmende Rolle.

Der „Wenn-Teil“ des Forecast-Szenarios wird um folgende Maßnahmen ergänzt:





1. Eine substantielle Förderung von Elektrofahrzeugen und wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen (einschl. Brennstoffzellen-Antrieb), aber auch die Förderung von Biokraftstoffen der 2. und 3. Generation¹³⁹⁾ führen zu den in der Tabelle 2 dargestellten Veränderungen der Pkw-Flottenzusammensetzung.

Tabelle 2: Pkw-Flottenzusammenstellung 2008 und 2030



Energieform	2008		2030 Szenario 1		2030 Szenario 2	
	absolut	prozentual	absolut	prozentual	absolut	prozentual
Benzin ¹⁾	30.639.015	74 %	9.700.000	25 %	14.000.000	36 %
Diesel ¹⁾	10.290.288	25 %	5.820.000	15 %	10.000.000	26 %
Biokraftstoff	/	/	7.760.000	20 %	8.000.000	20 %
Erd- + Flüssiggas	367.146	1 %	1.160.000	3 %	1.000.000	3 %
Hybrid	22.330	/	7.760.000	20 %	2.350.000	6 %
Batterie	1.452	/	5.820.000	15 %	2.650.000	7 %
Wasserstoff	/	/	780.000	2 %	800.000	2 %
Summe	41.320.231	100 %	38.800.000	100 %	38.800.000	100 %

1) einschl. Beimengungen von Biokraftstoff
Quelle 2008: Kraftfahrzeugbundesamt (Zahlen vom 1. 1. 2009)

Die Werte für 2030 im Szenario 1 ergeben sich aus folgenden Überlegungen:

-  Aus dem Ziel der Bundesregierung, bis 2020 ca. 1 Mio. Elektro-Pkw in Betrieb zu haben, wurde abgeleitet, dass sich in den Jahren bis 2030 eine deutliche Zunahme ergibt, weil die Technik zunehmend etabliert ist (siehe Bild 46).
-  Der Anteil von 20 % bei den Biokraftstoffen wurde dem ifmo-Bericht entnommen.
-  Da auch schon in der Vergangenheit der prozentuale Anteil an Diesel-Pkw stärker angestiegen ist, wurde dieser Trend fortgesetzt.
-  Hybridantriebe werden 2030 noch als eine bedeutsame Übergangstechnologie eingesetzt.

Die Werte für 2030 im Szenario 2 ergeben sich aus folgenden Überlegungen:

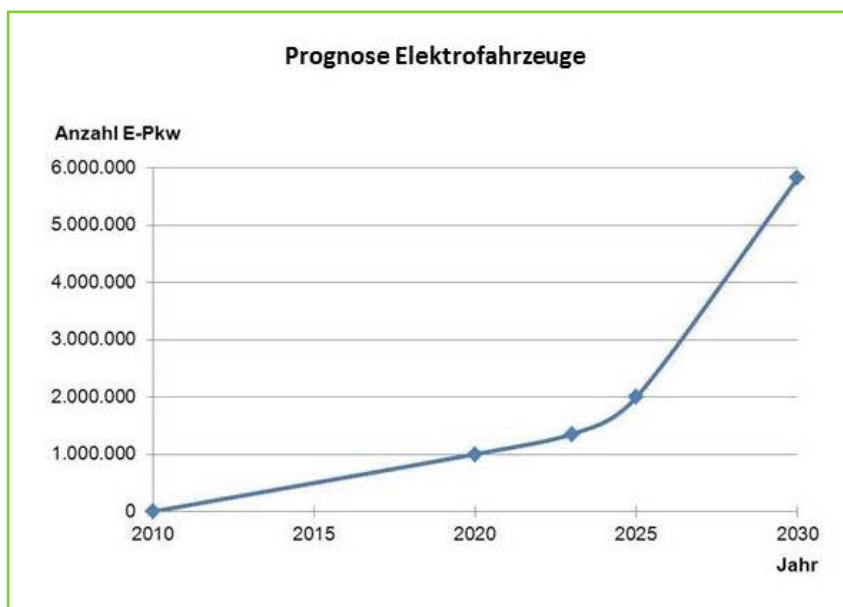
-  Da auch schon in der Vergangenheit der prozentuale Anteil an Diesel-Pkw stärker angestiegen ist, wurde dieser Trend fortgesetzt.
-  Der Anteil von 20 % bei den Biokraftstoffen wurde dem ifmo-Bericht entnommen.

139) Biokraftstoffe der 2. Generation: Verwendung vollständiger Pflanzen, die nicht mit Nahrungsmitteln konkurrieren. Biokraftstoffe der 3. Generation werden aus Algen gewonnen (nach: ifmo-Studie)

Die Absolutwerte für das Jahr 2030 wurden unter der Prämisse errechnet, dass die Anzahl der Pkw im Jahre 2030 etwa 6 % (das entspricht dem Bevölkerungsrückgang) unter der des Jahres 2008, also bei rd. 38,8 Mio. Pkw, liegt.

Im Lkw-Verkehr (insbesondere im Fernverkehr) werden weiterhin effiziente Dieselantriebe vorherrschen, aber um Antriebe mit Biokraftstoffen und um Hybridantriebe ergänzt werden. Elektro- und Wasserstoffantriebe spielen keine maßgebliche Rolle.

Die konventionellen Benzin- und Dieselmotoren werden deutlich verbrauchsgünstiger und damit emissionsärmer (bei Neufahrzeugen (Pkw) liegt der Verbrauch im Jahre 2030 bei durchschnittlich 3 l/100 km, der CO₂-Ausstoß bei 70 g/km).



Wert 2020: Ziel der Bundesregierung

Wert 2025: Prognose des Center of Automotive Management

Bild 46: Prognose der Zahl von Elektrofahrzeugen bis 2030

2. Eine generelle Maut mit einer nur teilweisen Kompensation durch Absenkung der Mineralölsteuer wird eingeführt.
3. Der ÖPNV in größeren Städten wird weiter ausgebaut, in nachfrageschwachen Räumen durch flexible Bedienungsformen teilweise ersetzt. Unrentable SPNV-Strecken in ländlichen Räumen werden stillgelegt.
4. Eine effizientere und sicherere Verkehrsentwicklung wird durch eine deutlich erhöhte Ausstattung der Fahrzeuge und der Verkehrsinfrastruktur mit Verkehrssteuerungs- und Fahrzeugsicherheitssystemen erreicht (gilt für alle Verkehrsträger). Ebenso wird die Abwicklung logistischer Prozesse – auch durch Verknüpfung von Produktions- und Transportlogistik – effizienter gestaltet.

Im „Dann-Teil“ des Forecast-Szenarios 2030 werden die voraussichtlichen verkehrlichen Wirkungen der im „Wenn-Teil“ beschriebenen Entwicklungen und Maßnahmen ermittelt, insbesondere die Reduktion der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen.

Unter Berücksichtigung der demografischen Entwicklung, der finanziellen Situation der privaten Haushalte und der Veränderungen des Mobilitätsverhaltens nimmt die gesamte Personenverkehrsleistung (das heißt über alle Verkehrsträger) zwischen 2008 und 2030

um etwa 8 % ab¹⁴⁰⁾ und zwar von 1.031,4 Mrd. Personenkilometer¹⁴¹⁾ auf 949 Mrd. Personenkilometer. Der Modal Split im Personenverkehr verändert sich entsprechend der Tabelle 3.

Tabelle 3: Modal Split im Personenverkehr 2008 und 2030

Verkehrsträger	Prozentanteile	
	2008	2030
Motorisierter Individualverkehr	84,3 %	82 %
Öffentlicher Personenverkehr ¹⁾	7,7 %	9 %
Eisenbahnverkehr ²⁾	8,0 %	9 %

1) Bus, Straßenbahn, Stadtbahn, U-Bahn

2) einschl. S-Bahn

Quelle: in Anlehnung an den ifmo-Bericht (ohne Luftverkehr)

Im Gegensatz zum Personenverkehr nimmt die Güterverkehrsleistung zwischen 2008 und 2030 noch um rd. 20 % zu (vgl. ifmo-Studie) und zwar von 654,9 Mrd. Tonnenkilometer¹⁴²⁾ auf 786 Mrd. Tonnenkilometer. Den Modal Split im Güterverkehr für die Jahre 2008 und 2030 zeigt die Tabelle 4.

Tabelle 4: Modal Split im Güterverkehr 2008 und 2030¹⁴³⁾

Verkehrsträger	Prozentanteile	
	2008	2030
Straßengüterverkehr	72,4 %	73 %
Schienengüterverkehr	17,8 %	18 %
Binnenschiffgüterverkehr	9,8 %	9 %

5.3 CO₂-Emissionen

Diese Entwicklungen führen bezogen auf das Jahr 2008 zu deutlichen Rückgängen der CO₂-Emissionen im motorisierten Individualverkehr (MIV) und im Straßengüterverkehr. Im Einzelnen ergeben sich für die zugrunde gelegten Szenarien die in Tabelle 5 dargestellten Ergebnisse.

Für die in Tabelle 2 betrachteten Szenarien 1 und 2 wurde eine optimistische und eine pessimistische Betrachtung durchgeführt, die sich dahingehend unterscheiden, dass bei der optimistischen Betrachtungsweise für beide Szenarien ein durchschnittlicher

140) So führt die stärkere Nutzung von Car Sharing, aber auch sonstige Verhaltensänderungen z. B. aufgrund zunehmender Kosten für das Autofahren, zu einer Reduktion der Jahresfahrleistung eines Pkw um rd. 5 %, das heißt von 14.365 Pkw km/Jahr auf rd. 13.650 Pkw km/Jahr. Die Verkehrsleistung pro Person im ÖPNV und Eisenbahnverkehr steigt dagegen an.

141) Die Personenverkehrsleistung teilt sich wie folgt auf die Verkehrsträger auf (ohne Luftverkehr):

Motorisierter Individualverkehr: 869,4 Mrd. Pkw

Öffentlicher Straßenpersonenverkehr: 79,4 Mrd. Pkw

Eisenbahnverkehr: 82,5 Mrd. Pkw

(Quelle: Verkehr in Zahlen 2009/2010)

142) Die Güterverkehrsleistung teilt sich wie folgt auf die Verkehrsträger auf (ohne Rohrleitung, Seeschiff und Luftfahrt):

Straßenverkehr: 474,1 Mrd. tkm

Eisenbahnverkehr: 116,8 Mrd. tkm

Binnenschiffsverkehr: 64,0 Mrd. tkm

(Quelle: Verkehr in Zahlen 2009/2010)

143) Quelle: in Anlehnung an den ifmo-Bericht

CO₂-Ausstoß von 120 g/km und Pkw der jeweils im Jahre 2030 mit fossilen Brennstoffen betriebenen Pkw (Bestand und Neufahrzeuge¹⁴⁴) zugrunde gelegt wurde und die elektrische Energie für den Pkw-Betrieb ausschließlich aus regenerativen Energiequellen erzeugt wird, während die pessimistische Betrachtung (Business as Usual, BAU) ebenfalls einen durchschnittlichen CO₂-Ausstoß von 120 g/km ansetzt, allerdings bezogen auf alle im Jahre 2030 zugelassenen Pkw, wobei zusätzlich noch ein größerer Anteil an nicht regenerativer Energie zugrunde gelegt wurde.

Zu Vergleichszwecken wurden auch die Werte für das Jahr 1990 einbezogen.

Tabelle 5: CO₂-Reduktionen im Straßenverkehr für verschiedene Szenarien

	1990	2008	2030		
			Szenario 1 Opt. Betr.	Szenario 2 Opt. Betr.	BAU
CO ₂ -Emissionen im Straßenverkehr (t CO ₂ /Jahr)	160 Mio.	149 Mio.	74,6 Mio.	84,0 Mio.	105,4 Mio.
CO ₂ -Emissionen pro Kopf der Bevölkerung (t CO ₂ /Jahr)	2,00	1,90	0,97	1,09	1,40

Im Szenario 1 (optimistische Betrachtung) ergibt sich gegenüber 1990 ein Rückgang der CO₂-Emissionen um 53 % (pro Kopf der Bevölkerung um 51 %), im Szenario 2 (optimistische Betrachtung) ein Rückgang um 47 % (pro Kopf um 45 %). Die pessimistische Betrachtungsweise (BAU) für beide Szenarien führt dagegen nur zu einem Rückgang um 34 % bzw. um 30 % pro Kopf der Bevölkerung.

Die Europäische Union fordert eine Verringerung der Treibhausgasemissionen (von denen CO₂ in Deutschland rd. 87 % ausmacht) um mindestens 80 % bis zum Jahr 2050, bezogen auf das Basisjahr 1990. Dies bedeutet unter der Annahme einer linearen Abnahme der Treibhausgasemissionen über die Zeit eine Verringerung um rd. 45 % bis zum Jahr 2030, bezogen auf 1990¹⁴⁵.

Das Bild 47 zeigt für die drei Szenarien „Pessimistische Betrachtung für die Szenarien 1 und 2“ (BAU), „Optimistische Betrachtung für Szenario 2“ und „Optimistische Betrachtung für Szenario 1“ die jeweils errechnete Abnahme der CO₂-Emissionen zwischen 2008 und 2030, womit ein Korridor aufgespannt wird, der den oberen und unteren Rahmen einer möglichen Entwicklung aufzeigt. Die Zielsetzung der EU (bis 2030 eine Abnahme der CO₂-Reduktion um 45 %) ist im Bild 47 als rote Gerade eingetragen. Sie entspricht der optimistischen Betrachtung für das Szenario 2.

144) Für Neufahrzeuge 70g/km

145) Reutter, O.: Klimaschutz als Herausforderung für einen zukunftsfähigen Stadtverkehr – Strategien und Größenordnungen zur Minderung der Kohlendioxidemissionen –; Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, 60. Ergänzungs-Lieferung 04/11

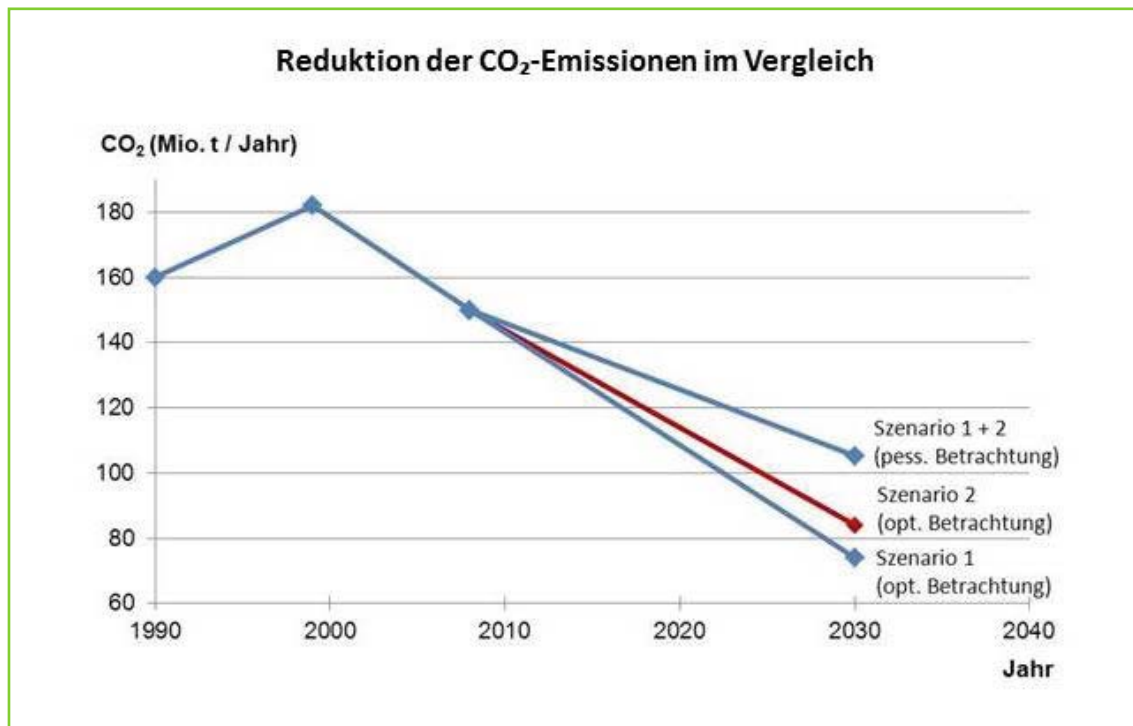


Bild 47: Abnahme der CO₂-Emissionen für verschiedene Szenarien

Dabei wurden die Veränderungen der gesamten Treibhausgasemissionen in dieser Betrachtung auf den Straßenverkehr übertragen. Es ist erkennbar, dass die Zielsetzung der EU innerhalb des in Bild 47 dargestellten Korridors liegt. Damit wird die Möglichkeit, im Verkehr geringere Reduktionsziele anzusetzen, die durch andere Verbrauchsbereiche (z. B. Gebäudewärme) kompensiert werden müssen, nicht genutzt.

Auf eine Berechnung für den öffentlichen Personenverkehr, den Eisenbahnverkehr (Personen und Güter) sowie den Binnenschiffsverkehr wird verzichtet. Bei elektrisch betriebenen öffentlichen Verkehrsmitteln (z. B. Straßenbahn und Eisenbahn) tritt dann eine Reduktion der CO₂-Emissionen auf, wenn der Strom für diese Systeme (fast) ausschließlich aus regenerativen Energiequellen stammt. Bei den dieselbetriebenen Systemen des ÖPNV (z. B. Bus) und der Bahn sowie beim Binnenschiff werden die Antriebe verbrauchsgünstiger. Es ist aber mit keinen deutlichen Veränderungen bei den CO₂-Emissionen zu rechnen.

5.4 Übersicht

Die Tabelle 6 zeigt eine Übersicht der Annahmen und Werte im Forecast-Szenario.

Tabelle 6: Annahmen und Werte im Forecast-Szenario

		2008	2030			
			Szenario 1	Szenario 2	BAU	
Verkehrsleistung gesamt	[Mrd. Pkm/a]	1.031,4	949			
Anteil des MIV	[%]	84,3	82,0			
Verkehrsleistung MIV	[Mrd. Pkm/a]	869,4	778,2			
Durchschnittlicher Pkw-Besetzungsgrad	[P/Pkw]	1,43	1,43			
Jahresfahrleistung im MIV	[Mrd. Pkwkm/a]	608	544			
Anzahl der zugelassenen Pkw	[Mio.]	41,3	38,8			
Jahresfahrleistung pro PKW	[km/(Pkw · a)]	14.714	14.021			
Durchschnittlicher CO ₂ -Ausstoß Pkw	[g CO ₂ /km]	179 ¹⁴⁶⁾	120 ¹⁴⁷⁾	120 ¹⁴⁸⁾	120 ¹⁴⁹⁾	
Emissionen des Güterverkehrs	[Mio. t CO ₂ /a]	40,0	40,0 ¹⁵⁰⁾			
Emissionen des Straßenverkehrs	[Mio. t CO ₂ /a]	149	74,6	84,0	105,3	
Pkw-Emissionen	[Mio. t CO ₂ /a]	109,0	34,6	44,0	65,3	
Emissionen pro Kopf	[t CO ₂ /a]	1,80	0,97	1,09	1,4	
Rückgang der CO ₂ -Emissionen im Straßenverkehr gegenüber dem Jahr 1990 ¹⁵¹⁾						
	um insgesamt	[%]	–	53	47	34
	um pro Kopf der Bevölkerung	[%]	–	51	45	30
Rückgang der CO ₂ -Emissionen im Straßenverkehr gegenüber dem Jahr 2008						
	um insgesamt	[%]	–	50	44	29
	um pro Kopf der Bevölkerung	[%]	–	46	39	22

146) Schallaböck, Karl-Otto: Spezifische Treibstoffverbräuche der Pkw in Deutschland, Wuppertal, 2010.

147) 120 g/km pro Pkw durchschnittlicher CO₂-Ausstoß (nur bezogen auf diejenigen 20,56 Mio. Pkw (Tabelle 2), die im Jahr 2030 mit fossilen Brennstoffen betrieben werden (Benzin, Diesel, Gas); Hybridfahrzeuge werden zu 50 % eingerechnet; Fahrzeuge mit Biokraftstoffen, elektrischer Energie und Wasserstoff werden nicht eingerechnet, da hier ein Ausstoß von 0 g/km zugrunde gelegt wird; elektrische Energie wird ausschließlich aus regenerativen Energiequellen erzeugt).

148) 120 g/km pro Pkw durchschnittlicher CO₂-Ausstoß (nur bezogen auf diejenigen 26,175 Mio. Pkw (Tabelle 2), die im Jahr 2030 mit fossilen Brennstoffen betrieben werden; sonst wie vorherige Fußnote.

149) 120 g/km pro Pkw durchschnittlicher CO₂-Ausstoß (bezogen auf alle im Jahr 2030 zugelassenen Pkw, wobei ein größerer Anteil an nicht regenerativer Energie zugrunde gelegt wird).

150) Es wurde angenommen: die Straßengüterverkehrsleistung wächst um 20 % an, verbrauchsärmere Lkw, Biokraftstoffe und Hybridantriebe führen aber dazu, dass sich der CO₂-Ausstoß gegenüber 2008 nicht verändert.

151) Emissionen des Straßenverkehrs im Jahr 1990: 160 Mio. t CO₂/a

6 Technik-Szenario (2050)

6.1 Allgemeines

Das **Technik-Szenario (2050)** unterstellt, dass die derzeit erkennbaren Ansätze in der Entwicklung alternativer Antriebe bis 2030 in vollem Umfang aktiviert werden und prüft anschließend, inwieweit man damit die gesetzten Klimaziele erreicht oder verpasst. Das Technik-Szenario wird in einer Trendfortschreibung von 2030 bis zum Jahr 2050 hochgerechnet, um die Minderungspotenziale beider Szenarien vergleichen zu können.¹⁵²⁾

Im Rahmen des **Technik-Szenarios** stützen sich die Annahmen der allgemeinen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung ab auf das ifmo-Szenario „Gereifter Fortschritt“¹⁵³⁾. Auf dieser Grundlage werden im vorliegenden Bericht die Abschätzungen des Klimabeitrags aus dem Bereich Technik (alternative Antriebe) vorgenommen. Dabei ist eine deutlich erhöhte Ausstattung von Fahrzeugen und Verkehrsinfrastruktur mit Verkehrssteuerungs- und Fahrzeugsicherheitssystemen ebenso kennzeichnend für die Verkehrsentwicklung wie die Nutzung neuer Energieformen (z. B. Wasserstoff, Biofuels, Batterie, Hybrid). Die Wirkung neuer Mobilitätskonzepte (z. B. Car-Sharing) und ein Modal Shift zum ÖPNV wird beim Technik-Szenario eher gering eingeschätzt. Dagegen unterstellt es, dass die Abwicklung logistischer Prozesse – auch durch Verknüpfung von Produktions- und Transportlogistik – effizienter gestaltet wird. Es unterstellt ferner, dass der Güterverkehr auf der Straße weitere Zuwächse erfahren wird.¹⁵⁴⁾ Effekte aus der Bevölkerungsentwicklung werden ebenfalls berücksichtigt.

6.2 Technik-Szenario

Das Bild 48 zeigt die Strategiekomponenten des Strukturüberganges des Technik-Szenarios. Hierbei handelt es sich um Setzungen der Autoren, die aus rahmensetzenden Prognosen (z. B. ifmo-Studie), absehbaren technischen Entwicklungen und anhand plausibilisierter Schätzungen vorgenommen worden sind.

Im Technik-Szenario wird die Emissionsminderung bis zum Jahre 2050 allein aus der Bevölkerungsentwicklung mit 27 % abgeschätzt, wenn die anderen Einflussgrößen unverändert bleiben. Für den über die demografische Entwicklung hinausgehenden CO₂-Minderungsbeitrag wird ein geringer Anteil aus Verhaltensänderungen (4 %) und ein großer Beitrag aus der Einführung alternativer Antriebe (96 %) unterstellt. Die Aufteilung der einzelnen Antriebsformen ergibt sich aus ihrem geschätzten Beitrag bis zum Jahr 2030 und anschließend bis zum Jahr 2050.

152) Diese Vorgehensweise ist in der Historie des QA 7 begründet. Zunächst wurde das Technik-Szenario auf Basis des ifmo-Szenarios „Zukunft der Mobilität, Szenarien für das Jahr 2030“ bis 2030 entwickelt und zu einem späteren Zeitpunkt bis zum Jahr 2050 hochgerechnet. Die Überlegungen zum Technik-Szenario (2030) werden im vorhergehenden Abschnitt dargestellt.

153) Vgl. ifmo: „Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2030“, München Juni 2010, <http://www.ifmo.de/publikationen.html>; Zugriff 27. 12. 2013

154) Zukunft der Mobilität, Szenarien für das Jahr 2030; Institut für Mobilitätsforschung (ifmo), BMW AG, München, 2010.

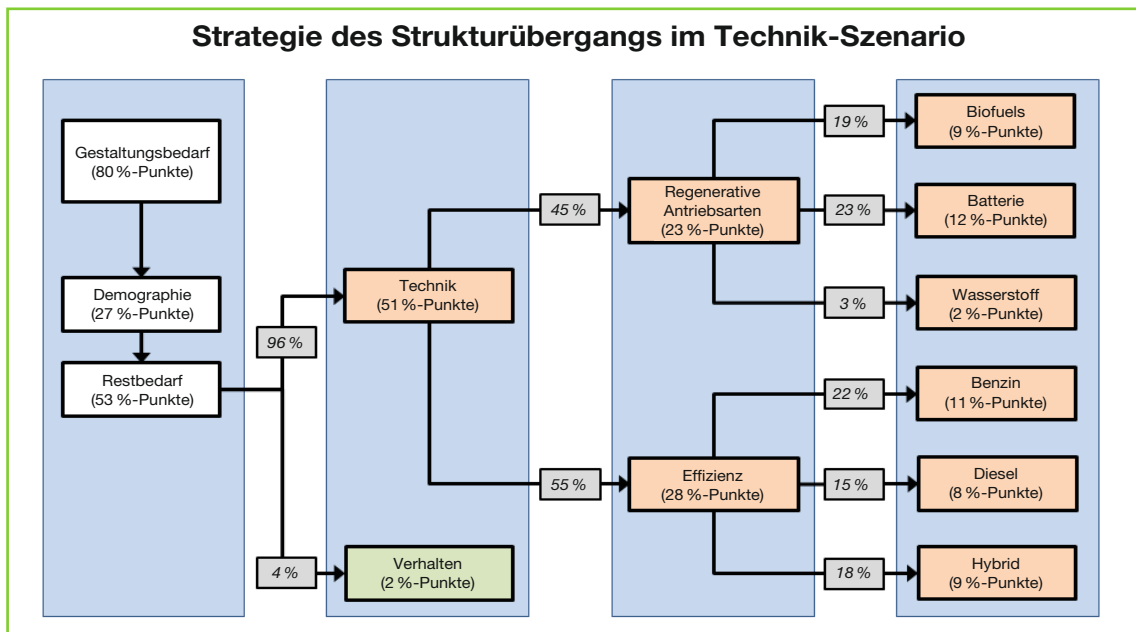


Bild 48: Strategie des Strukturübergangs im Technik-Szenario (Personenverkehr)

Tabelle 7 zeigt eine Übersicht über Annahmen und Werte im Technik-Szenario.

Tabelle 7: Annahmen und Werte im Technik-Szenario

		2008	2030		2050		
			BAU	Technik-Szenario	BAU	Technik-Szenario	
Verkehrsleistung gesamt	[Mrd. Pkm/a]	1031	990		900		
Anteil des MIV	[%]	84	78		78		
Verkehrsleistung MIV	[Mrd. Pkm/a]	869	778		700		
Jahresfahrleistung im MIV	[Mrd. Pkwkm/a]	610	517	517	467	467	
Durchschnittlicher CO ₂ -Ausstoß Pkw	[g CO ₂ /km]	180 ¹⁵⁵⁾	120 ¹⁵⁶⁾	120 ¹⁵⁷⁾	100	80	
Emissionen des Güterverkehrs	[Mio. t CO ₂ /a]	40	40 ¹⁵⁸⁾				
Emissionen des Straßenverkehrs	[Mio. t CO ₂ /a]	150	100	88	85	63	
Pkw-Emissionen	[Mio. t CO ₂ /a]	116	60	44	45	23	
Emissionen pro Kopf	[t CO ₂ /a]	1,8	1,3	1,1	1,1	0,9	
Rückgang der CO ₂ -Emissionen im Straßenverkehr gegenüber dem Jahr 1990 ¹⁵⁹⁾							
	um insgesamt	[%]	–	33	41	25	60
	um pro Kopf der Bevölkerung	[%]	–	27	39	39	50

155) Schallaböck, Karl-Otto: Spezifische Treibstoffverbräuche der Pkw in Deutschland, Wuppertal, 2010.

156) 120 g/km pro Pkw durchschnittlicher CO₂-Ausstoß (bezogen auf alle im Jahr 2030 zugelassenen Pkw, wobei ein größerer Anteil an nicht regenerativer Energie zugrunde gelegt wird).

157) 120 g/km pro Pkw durchschnittlicher CO₂-Ausstoß (nur bezogen auf die Pkw, die im Jahr 2030 mit fossilen Brennstoffen betrieben werden (Benzin, Diesel, Gas); Hybridfahrzeuge werden zu 50 % eingerechnet; Fahrzeuge mit Biokraftstoffen, elektrischer Energie und Wasserstoff werden nicht eingerechnet, da hier ein Ausstoß von 0 g/km zugrunde gelegt wird; elektrische Energie wird ausschließlich aus regenerativen Energiequellen erzeugt).

158) Es wurde angenommen: die Straßengüterverkehrsleistung wächst bis 2030 um 20 % an, verbrauchsärmere Lkw, Biokraftstoffe und Hybridantriebe führen aber dazu, dass sich der CO₂-Ausstoß gegenüber 2008 nicht verändert. Ab 2030 wird unterstellt, dass sich keine weiteren Änderungen für den Güterverkehr ergeben.

159) Emissionen des Straßenverkehrs im Jahr 1990: 160 Mio. t CO₂/a








7 Backcast- oder Verhaltensszenario

7.1 Demografie

Die Bevölkerungsentwicklung in Deutschland wird mittels ausgewählter Szenarien der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes abgebildet. Diese geht in das Backcast-Szenario ein, da sowohl Änderungen der Altersstruktur für das Verkehrsverhalten berücksichtigt werden müssen als auch Emissionsminderungen durch eine schrumpfende Bevölkerungsanzahl zu erwarten sind. Für das Backcast-Szenario wurde – auf der ungünstigeren Seite liegend – die Variante 1W2 „mittlere“ Bevölkerung, Obergrenze gewählt.¹⁶⁰⁾

7.2 Verkehr

Im Backcast-Szenario müssen zur Erreichung der Klimaschutzziele (–80 % CO₂-Emissionen bis 2050) mehrere Aufgaben bewältigt werden:

-  Reduzierung der geleisteten Personenkilometer im motorisierten Verkehr,
-  Verringerung der Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln,
-  Modal Shift hin zum Umweltverbund,
-  Effizienzsteigerungen in der Fahrzeugtechnik,
-  Einführung energetisch sparsamer (E-)Mobile,
-  Verwendung von Biofuels (Güterverkehr und Flugverkehr),
-  Nutzung erneuerbarer, „sauberer“ Energien.

Ein wesentlicher Schlüssel zur Reduktion der CO₂-Emissionen ist die Reduktion der Verkehrsleistung im motorisierten Individualverkehr. Diese kann entweder durch Verkehrsvermeidung oder Verkehrsverlagerung auf den Umweltverbund erfolgen. Das Bild 49 zeigt, dass der Freizeitverkehr einen Großteil der zurückgelegten Personenkilometer ausmacht. Hinzu kommt, dass über die Hälfte aller Wege im Freizeitverkehr länger als 50 km ist. Bei den alltäglichen Wegen – sprich im Berufs- und Einkaufsverkehr – trifft dies nur auf ungefähr jeden dritten bis vierten Weg zu. Verkehrssparsame Stadt- und Raumstrukturen müssen es zukünftig ermöglichen, Personenkilometer einzusparen, um einen Rückgang der Emissionen zu bewirken.

¹⁶⁰⁾ Statistisches Bundesamt: 12. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Wiesbaden (2009)

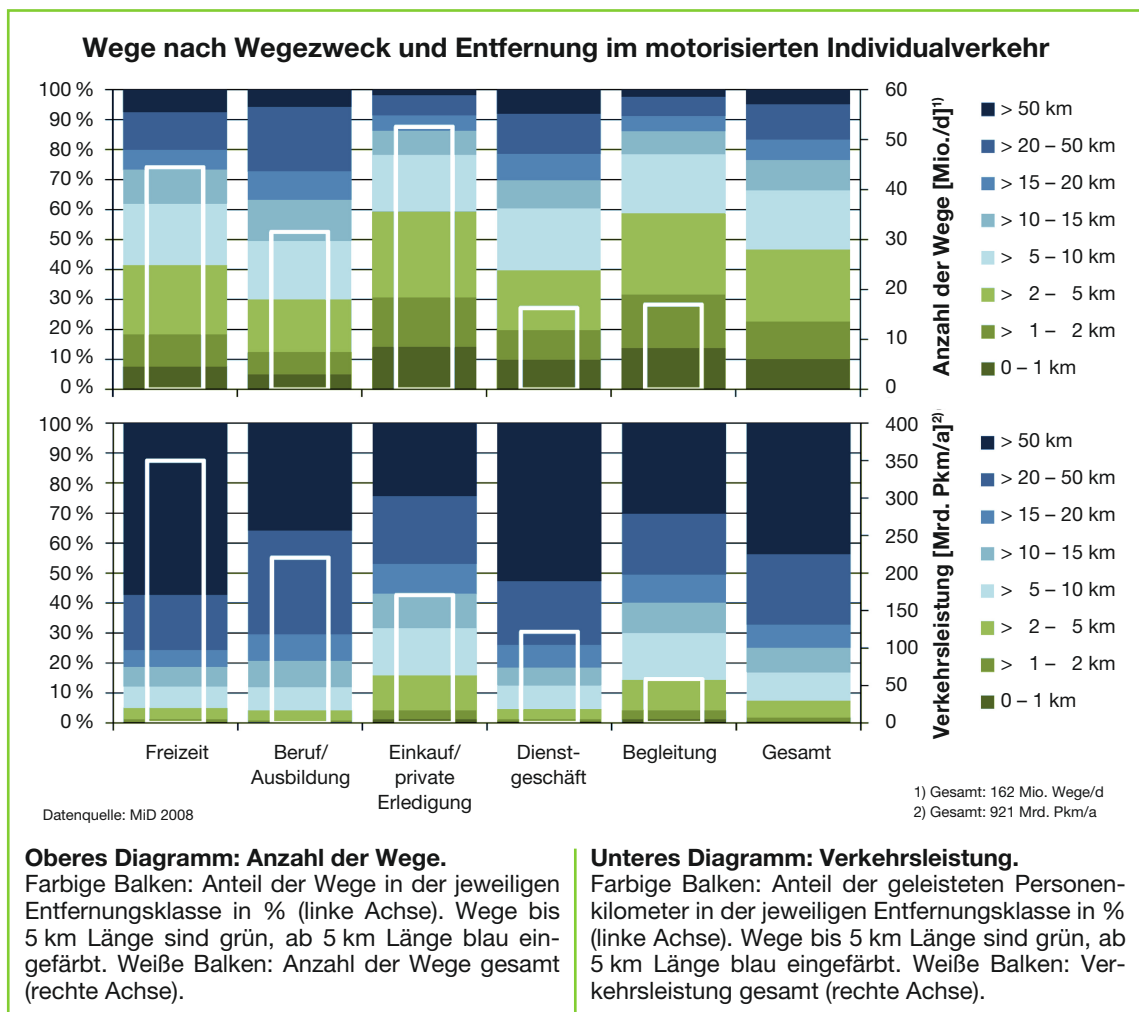


Bild 49: Anzahl der Wege und Verkehrsleistung nach Wegezweck und Wegelänge (MIV)¹⁶¹⁾

7.3 Wirtschaft

Die wirtschaftliche Entwicklung im Backcast-Szenario lehnt sich im Wesentlichen an das ifmo-Szenario „gereifter Fortschritt“ an. Es vollzieht sich eine mittlere Wirtschaftsentwicklung, so dass die erforderlichen Veränderungen der Verkehrsinfrastruktur zuverlässig geplant und umgesetzt werden können. Allerdings belasten steigende Energiepreise und Gesundheitskosten die privaten Haushalte stärker, als dies heute der Fall ist. Durch Umstrukturierungsmaßnahmen in der Wirtschaft (Anpassung an Globalisierungseffekte) nimmt die soziale Kluft zwischen Arm und Reich weiter zu. Bedingt durch die hohen Energiepreise verliert das Auto weiter an Bedeutung. Die Konsumausgaben für elektronische Medien (Smartphones etc.) erfahren zunächst eine weitere Zunahme; im Jahr 2050 ist eine vollständige Sättigung in diesem Segment eingetreten und alle relevanten Verkehrsinformationen sind stets verfügbar. Der Effizienzgedanke spielt zunehmend eine immer größer werdende Rolle, so dass unnötige Fahrten mit dem PKW möglichst vermieden werden und im Wirtschaftsverkehr neue Logistikkonzepte den Energieeinsatz optimieren.

¹⁶¹⁾ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: Mobilität in Deutschland 2008.

7.4 Strategie des Strukturübergangs

Wie anhand der Verkehrskennziffern (Abschnitt 7.2) gezeigt werden konnte, ist ein rein verhaltensbezogener Ansatz genauso wenig ausreichend wie ein rein technikbasierter Ansatz der Verkehrsmittel. Im Backcast-Szenario wird daher ein kaskadenförmiger Strukturübergang nach Bild 50 verfolgt. In Anlehnung an den Entwurf des Klimaschutzgesetzes NRW wird eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 80 % bis zum Jahr 2050 gegenüber 1990 angestrebt.¹⁶²⁾ Dies entspricht im Personenverkehr (ausgenommen See- und Flugverkehr) einem Einsparziel von ca. 94 Mio. Tonnen CO₂. Die betragsmäßige Angabe dieser Menge erlaubt es, die demografische Entwicklung in die Überlegungen einzubeziehen.

Dazu wird das Bevölkerungsszenario „Obergrenze der mittleren Bevölkerung“ der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung (Variante 1-W2) hinterlegt.¹⁶³⁾ Der Bevölkerungsrückgang beträgt in der Zeit von 1990 bis 2050 ca. 7,71 %, wobei die Zahl der Gesamtbevölkerung von 1990 erstmalig im Jahr 2026 unterschritten wird. Neben der Bevölkerungsentwicklung und der damit verbundenen Veränderung der Altersstruktur wird bei der Berechnung das Verkehrsverhalten nach MiD2002 angenommen, Kohorteneffekte bleiben jedoch unberücksichtigt. Änderungen der Haushaltsstrukturen (z. B. die Zunahme vom Single-Haushalten) werden ebenso nicht berücksichtigt.

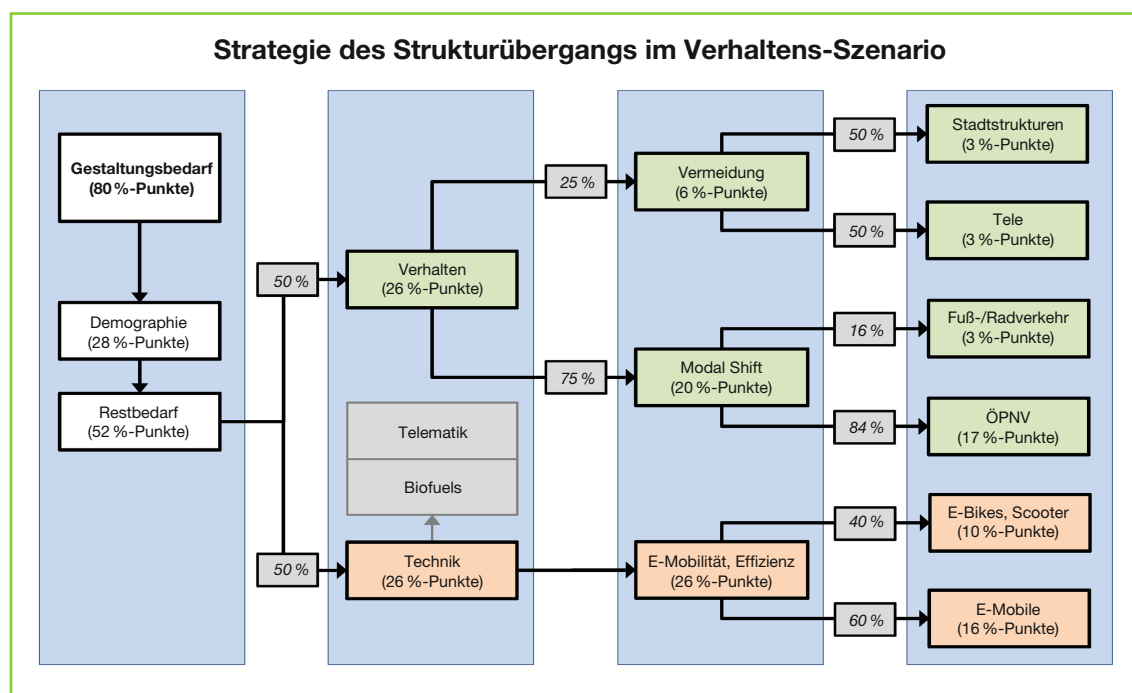


Bild 50: Strategie des Strukturübergangs im Verhaltens-Szenario

Die Emissionsminderung allein aus der Bevölkerungsentwicklung kann mit $-27,3\%$ abgeschätzt werden, wenn die anderen Einflussgrößen unverändert bleiben. Sie beträgt also ca. ein Drittel des Ziels „ -80% CO₂“. Der Restbedarf ergibt sich zu $-52,7\%$.

162) Vgl. Gesetzentwurf der Landesregierung (NRW) vom 20.06.2011: Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Nordrhein-Westfalen, § 3 (1)

163) Vgl. Statistisches Bundesamt (2008): 12 Vgl. Gesetzentwurf der Landesregierung (NRW) vom 20.06.2011: Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Nordrhein-Westfalen, § 3 (1). koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung

Diese werden je zur Hälfte über die Pfade „Änderung des Verkehrsverhaltens“ und „Technik“ übernommen.

Der **Technikpfad** verfolgt hauptsächlich die Elektrifizierung des Verkehrs sowie eine gleichzeitig einhergehende Effizienzsteigerung bei fossilen Antriebsarten. Die Verwendung von Biofuels wird im bodengebundenen Personenverkehr nicht berücksichtigt, da deren Einsatz dem Güterfern- und Flugverkehr vorbehalten bleibt. Im nähräumlichen Güterverkehr (Lieferdienste, Transporte auf der letzten Meile) kommen entweder Elektrofahrzeuge oder konventionell angetriebene LKW mit sparsameren Antrieben zum Einsatz. Der Betrieb von Telematikeinrichtungen verspricht weitere Minderungspotenziale, bleibt in der Berechnung jedoch unberücksichtigt. Insgesamt wird auf diesem „technischen Pfad“ ca. ein weiteres Drittel (26,4 %) der CO₂-Emissionen eingespart.

Der **Verhaltenspfad** unterteilt sich in Verkehrsvermeidung (25 % Gewichtung) und Modal Shift (75 % Gewichtung). Durch Verkehrsvermeidung müssen die CO₂-Emissionen um 6,6 % reduziert werden. Dies geschieht je zur Hälfte durch eine Anpassung der vorhandenen Stadt- und Raumstrukturen und durch den Ersatz von Wegen durch elektronische Medien (z. B. Online-Konferenzen, Clouds). Durch den Modal Shift müssen 19,8 % der CO₂-Emissionen übernommen werden. Dieser wird zu 16 % vom Fuß- und Radverkehr und zu 84 % durch den ÖPNV realisiert. Durch die Änderung des Verkehrsverhaltens wird das letzte Drittel der Emissionen eingespart (-26,4 %).

Die Berechnung erfolgt schrittweise anhand vom Bild 51.

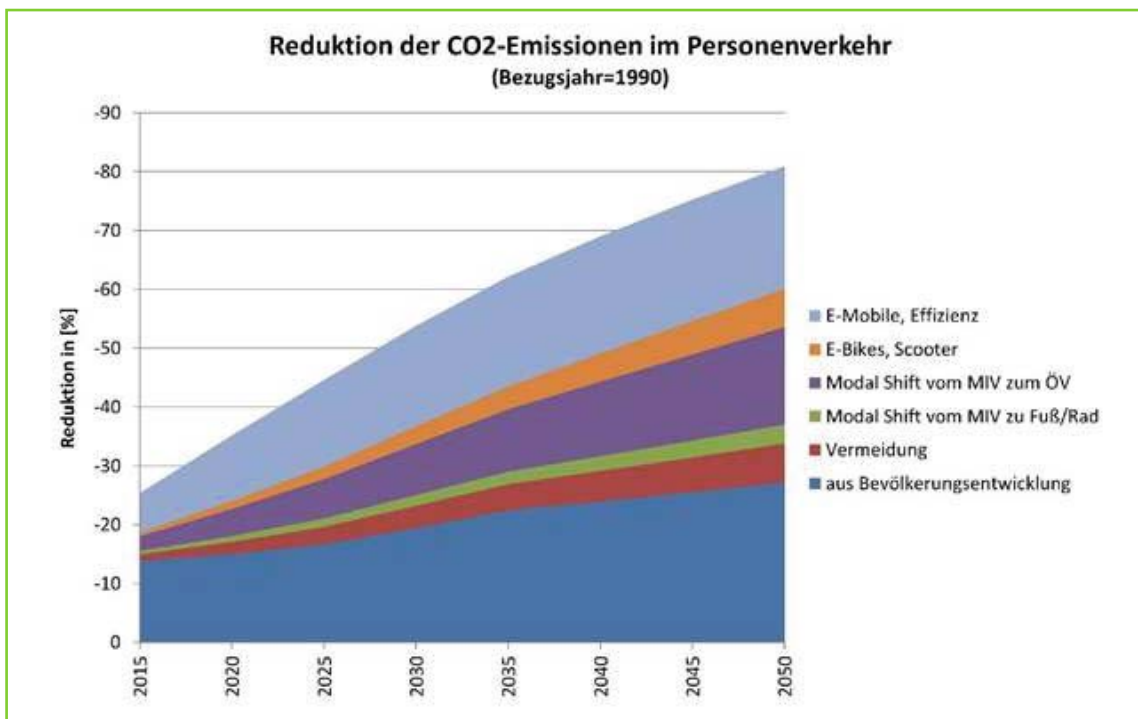


Bild 51: Reduktion der CO₂-Emissionen im Backcast-Szenario








7.4.1 Schritt 1: Demografie

Die Emissionsminderung allein aus der Bevölkerungsentwicklung kann mit $-27,3\%$ abgeschätzt werden, wenn die anderen Einflussgrößen unverändert bleiben. Sie beträgt im Jahr 2050 also ca. ein Drittel des Ziels „ -80% CO₂“.

7.4.2 Schritt 2: Verkehrsvermeidung

Die Verkehrsvermeidung wird durch Verlagerung von Aktivitäten vom Umland hinein in die Stadt erreicht. Es wird eine reurbane Entwicklung unterstellt, unterstützt durch steigende Energie- und Lebenshaltungskosten bei gleichzeitigen Maßnahmen zur Attraktivierung urbaner Räume. Die vermiedenen „langen“ Wege werden nicht gänzlich eingespart, sondern „gekürzt“ innerhalb der Stadt zurückgelegt. Die Teilhabe und Teilnahme bleibt also im Grundsatz unverändert.

Von der Verkehrsvermeidung sind der MIV und der ÖV betroffen. Der Ansatz über die Reduzierung der durchschnittlichen Anzahl der Wege pro Tag und Person kommt nicht in Betracht, da Aktivitäten (Arbeiten, Einkaufen, Besorgungen, soziale Kontakte etc.) von der Bevölkerung unverändert wahrgenommen werden müssen. Darüber hinaus kann aus der Anzahl Wege allein nicht zuverlässig auf die verursachten Emissionen geschlossen werden. Unter Verkehrsvermeidung wird daher der Verzicht auf zu leistende Personenkilometer im motorisierten (vor allem Individual-)Verkehr – bei Konstanz der Wegezahl – verstanden. Veränderungen können sein:

-  kurze Wege bis 2 km werden überwiegend zu Fuß oder per Rad zurückgelegt,
-  stärkere Verknüpfung von Wegen zu Wegeketten,
-  multimodales Verkehrsverhalten,
-  Änderung des Verkehrsverhaltens (Verzicht),
-  Aufgabe des Eigentums an Pkw, vermehrte gemeinschaftliche Nutzung,
-  Veränderung der Stadtstruktur („Stadt der kurzen Wege“),
-  angepasster Wahl des Wohn- und Arbeitsstandorts.

Der Anteil der **Verkehrsvermeidung** wird nach Expertenschätzung zu 6,6 %-Punkten gewählt (zum Vergleich: Das UBA geht von einem Minderungspotenzial durch verkehrsarme Siedlungsstrukturen von bis zu 13,8 % gegenüber seinem Trendszenario aus).¹⁶⁴⁾ In Personenkilometern ausgedrückt müssen im MIV und ÖV insgesamt 90,1 Mrd. Pkm/a weniger gefahren werden ($-9,1\%$). Von der Kürzung sind im MIV vor allem Wege im Berufs-, Einkaufs- und Freizeitverkehr mit einer Wegelänge > 50 km betroffen ($-20,0\%$). Weitere Wege werden nach Wegelänge und Wegezweck abgestuft um 10,0 %, 5,0 % und 2,5 % reduziert. Dienstliche und geschäftliche Fahrten werden ausgenommen. Im ÖV werden Wege im Berufs-, Einkaufs- und Freizeitverkehr mit einer Wegelänge > 50 km um 12 % reduziert.

¹⁶⁴⁾ Umweltbundesamt: „CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland, Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale, Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes“, Dessau (2010)

7.4.3 Schritt 3: Verkehrsverlagerung

Die nach der Verkehrsvermeidung verbleibenden Kilometer werden hinsichtlich Einsatz individuell motorisierter Verkehrsmittel durch Modal Shift zum ÖV und NMIV weiter reduziert. Der Modal Shift resultiert einerseits aus Kostengründen, andererseits durch neue Wert- und Konsumvorstellungen (z. B. „nutzen statt besitzen“) sowie durch eine Verkehrspolitik zur Stärkung des Umweltverbundes.

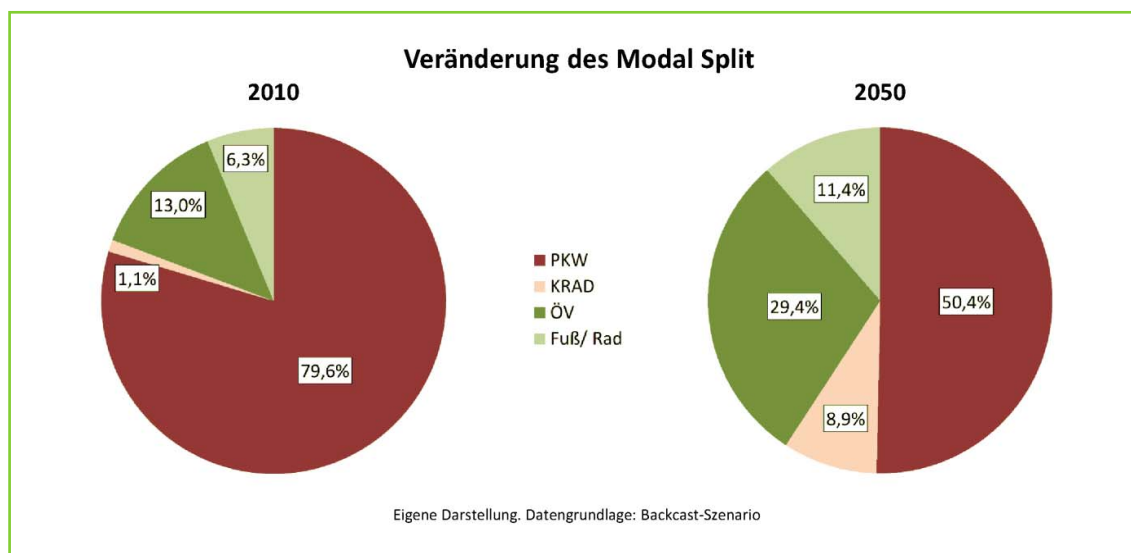


Bild 52: Veränderung des Modal Split (Personenkilometer) im Backcast-Szenario (2010 vs. 2050)

Der Modal Split verschiebt sich im Jahr 2050 zugunsten des Umweltverbundes. Während im Jahr 2010 noch ca. 80 % der Personenkilometer mit dem PKW zurückgelegt wurden, sind dies im Jahr 2050 nur noch 50 %. Der Anteil des Umweltverbundes an der Verkehrsleistung verdoppelt sich von ca. 20 % auf ca. 40 % (Bild 52).

Modal Shift vom MIV zu Fuß/Rad (NMIV)

Angesichts steigender Energie- und Mobilitätskosten verhält sich die Bevölkerung bei der Wahl der Verkehrsmittel (kosten- und umwelt)bewusster. Kurze Wege z. B. zur Schule oder zum Einkauf werden vermehrt zu Fuß oder mit dem Rad zurückgelegt. Unterstützt wird dieser Trend von Maßnahmen zur Stärkung der Nahmobilität, beispielsweise durch die städtebauliche Aufwertung des Wohnumfeldes bzw. ganzer Quartiere. Durch Maßnahmen zur Anpassung der Verkehrsinfrastruktur und der Straßenraumgestaltung an die Bedürfnisse des „langsamen“, nicht motorisierten Verkehrs wird dieser wieder attraktiv. Diese Maßnahmen werden in differenzierter Form ausgeführt, z. B. werden für den Berufsverkehr Radschnellwege angelegt, während bspw. im Einkaufsverkehr angepasste Abstellanlagen für Fahrräder/Fahrradanhänger gebaut werden. Durch die vermehrte Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel erhöht sich der Fußwegeanteil sowohl durch die Wahrnehmung zusätzlicher Aktivitäten entlang der Wegekette, als auch durch die Wege zur und von der Haltestelle.

Ziel ist eine Emissionsminderung von 3,2 %. In Personenkilometern ausgedrückt müssen ca. 40,5 Mrd. Pkm/a vom MIV auf den Fuß- und Radverkehr verlagert werden (-5,0 % vom MIV). Für den Fuß- und Radverkehr bedeutet dies eine Zunahme bei der Verkehrs-

leistung um +35,7 % (Tabelle 11). Die Verlagerung vom MIV zum Fuß- und Radverkehr ist durch die (im Vergleich zum motorisierten Verkehr) geringe Reichweite systemisch begrenzt. Das Verlagerungspotenzial ist somit eher gering, weil bei der Verlagerung auf den Fuß- und Radverkehr die Wegelängen von Belang sind und Menge der Personenkilometer auf den kurzen Wegen nur einen geringen Anteil ausmacht (Tabelle 8). Außerdem kann von einer kompletten Verlagerung – auch oder gerade mit Blick auf eine alternde Gesellschaft – nicht ausgegangen werden.

Tabelle 8: Anteil der Wegelängen im motorisierten Individualverkehr (nach MiD 2002)

	Wegelängen in [km]							
	0–1	>1–2	>2–5	>5–10	>10–15	>15–20	>20–50	>50
Anteil der Pkm in [%]	0,67	1,66	6,79	10,08	8,61	8,14	24,39	39,65
Summe [%]	0,67	2,33	9,12	19,20	27,81	35,96	60,35	100,00

Daher werden nur Wege mit einer Länge von bis zu 20 km berücksichtigt, wobei unterstellt wird, dass bei einer Wegelänge von über 2 km hauptsächlich das Rad benutzt wird. Dienstliche und geschäftliche Wege bleiben unverändert.

Modal Shift vom MIV zum ÖV

Der Modal Shift vom MIV zum ÖV wird durch eine klimaorientierte Stadt- und Verkehrsentwicklungsplanung sowie eine Anpassung der Siedlungsstruktur (Verdichtung, Rückbau) unterstützt. Durch den Ausbau von Informationssystemen wird die Zugänglichkeit zu öffentlichen Verkehrsmitteln erleichtert. An den Haltestellen des Nahverkehrs werden Abstellanlagen für den Radverkehr (in differenzierter Art und Weise) geplant und gebaut. Die Einführung eines deutschlandweit geltenden Bürgertickets zur unentgeltlichen Nutzung von Bussen und Bahnen im öffentlichen Nahverkehr eröffnet eine echte Alternative zum Pkw. Durch den Entfall von Tarifgrenzen im Nahverkehr wird dessen Benutzung stark vereinfacht und somit attraktiv („Einsteigen – Aussteigen“). Dies gilt auch für vermeintlich autoorientierte Senioren, die von der allgemeinen Entwicklung ebenso betroffen sind. Darüber hinaus bietet das Bürgerticket vielen Haushalten eine deutliche Entlastung ihrer infolge hoher Energie- und Sozialkosten angespannten Budgets. Der Komfort- und Zeitvorteil des Pkw wird durch den Kostenvorteil im ÖPNV abgelöst.

Ziel ist eine Emissionsminderung um 16,6 %. In Personenkilometern ausgedrückt müssen ca. 182,5 Mrd. Pkm/a vom MIV auf den ÖV verlagert werden (–23,8 % vom MIV). Der ÖV muss eine Steigerung der Verkehrsleistung von 69,1 % verkraften, was einen massiven Ausbau von Infrastruktur und Angebot im ÖV bedeutet – allerdings zum Teil auf schwächer ausgelasteten Linien und in Schwachlastzeiten.

7.4.4 Schritt 4: E-Mobilität

Es findet ein Wechsel zu Elektromobilen statt, die mit Strom aus erneuerbaren Energien betrieben werden. Der Trend geht zu smarten, kleinen Stadtfahrzeugen, die den tatsächlichen Bedürfnissen des Alltags angepasst sind. Kleinkrafträder werden ausschließlich mit Strom betrieben.

Tabelle 9: CO₂-Emissionen pro Personenkilometer nach Verkehrsmittel im Backcast-Szenario¹⁶⁵⁾

Fahrzeugtyp	Direkte CO ₂ -Emissionen (Bestand) in [g/Pkm]	Direkte CO ₂ -Emissionen (Ziel, 2050) in [g/Pkm]
Kleine Pkw (< 1,4 Liter Hubraum), Otto	103,8	83,0
Mittlere Pkw (1,4 bis 2,0 Liter Hubraum), Otto	132,6	106,0
Große Pkw (> 2,0 Liter Hubraum), Otto	175,5	140,4
Kleine Pkw (< 1,4 Liter Hubraum), Diesel	71,7	57,3
Mittlere Pkw (1,4 bis 2,0 Liter Hubraum), Diesel	104,4	83,6
Große Pkw (> 2,0 Liter Hubraum), Diesel	143,6	114,9
Elektro-Pkw	0,0	
Taxi	143,6	
Linienbus	68,0	0,0
Strab/U	0,0	
Bahn Nahverkehr	19,3	(Elektrisch angetriebene Fahrzeuge)
Bahn Fernverkehr	1,7	
Kleinkraftrad	90,5	
Kraftrad	76,4	
Fuß		0,0
Rad		

Ziel ist eine Emissionsminderung um 26,4 %. Das vorgegebene Einsparpotenzial wird durch Einsatz elektrisch angetriebener Fahrzeuge und Effizienzsteigerungen bei fossil angetriebenen Fahrzeugen erreicht. Die Emissionswerte der Fahrzeuge im Bestand sind TREMOD entnommen und für das Jahr 2050 entsprechend modifiziert worden (Tabelle 9). Da die Besetzungsgrade der Fahrzeuge wegen unwägbarer Einflüsse kaum abzuschätzen sind, bleiben diese („auf der sicheren Seite liegend“) unverändert.

Das Backcast-Szenario unterstellt Effizienzgewinne bei benzin- und dieselgetriebenen Fahrzeugen von 20 %. Weiterhin wird angenommen, dass der Anteil leichter Elektrofahrzeuge an der Flottenzusammensetzung stark zunimmt (z. B. E-Bikes, Scooter etc.), jedoch auf 15 % beschränkt bleibt. Elektrofahrzeuge fahren emissionsfrei, da sie zu 100 % mit Strom aus regenerativen Energien angetrieben werden. Der zur Erreichung der Klimaschutzziele notwendige Anteil der mit Elektroautos gefahrenen Personenkilometer liegt bei lediglich 35 % und könnte noch gesteigert werden.¹⁶⁶⁾ Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs (Busse, Bahnen, Taxen) sind ebenfalls strombetrieben und fahren somit emissionsfrei, da der Strom regenerativen Quellen entstammt.

165) Öko-Institut: CO₂-Einsparpotenziale für Verbraucher (2010)

166) Diese Betrachtung setzt voraus, dass die mittels Elektrofahrzeug geleisteten Personenkilometer nicht nur in der Stadt, sondern auch auf Fernstraßen gefahren werden.

Tabelle 10: Pkw-Flottenzusammensetzung im Backcast-Szenario¹⁶⁷⁾

	2009 ¹⁶⁷⁾	2050 (Szenario)
bis 999 cm ³	5 %	10 %
1.000 bis 1.499 cm ³	25 %	23 %
1.500 bis 1.999 cm ³	55 %	36 %
2.000 cm ³ und mehr	16 %	7 %
Elektroautos	0	35 %

Bei den verbleibenden fossil angetriebenen Fahrzeugen ändert sich die Flottenzusammensetzung; es werden weniger große Fahrzeuge gekauft, der Trend geht zu kleineren, sparsameren Fahrzeugen (Tabelle 10). Die Verwendung von Biofuels stellt eine weitere Option zur CO₂-Reduktion dar, wird aber wegen der begrenzten Verfügbarkeit (Minderung der Nahrungsmittelkonkurrenz) nur dem Güterverkehr zugerechnet.

7.5 Reduktion der Verkehrsleistung

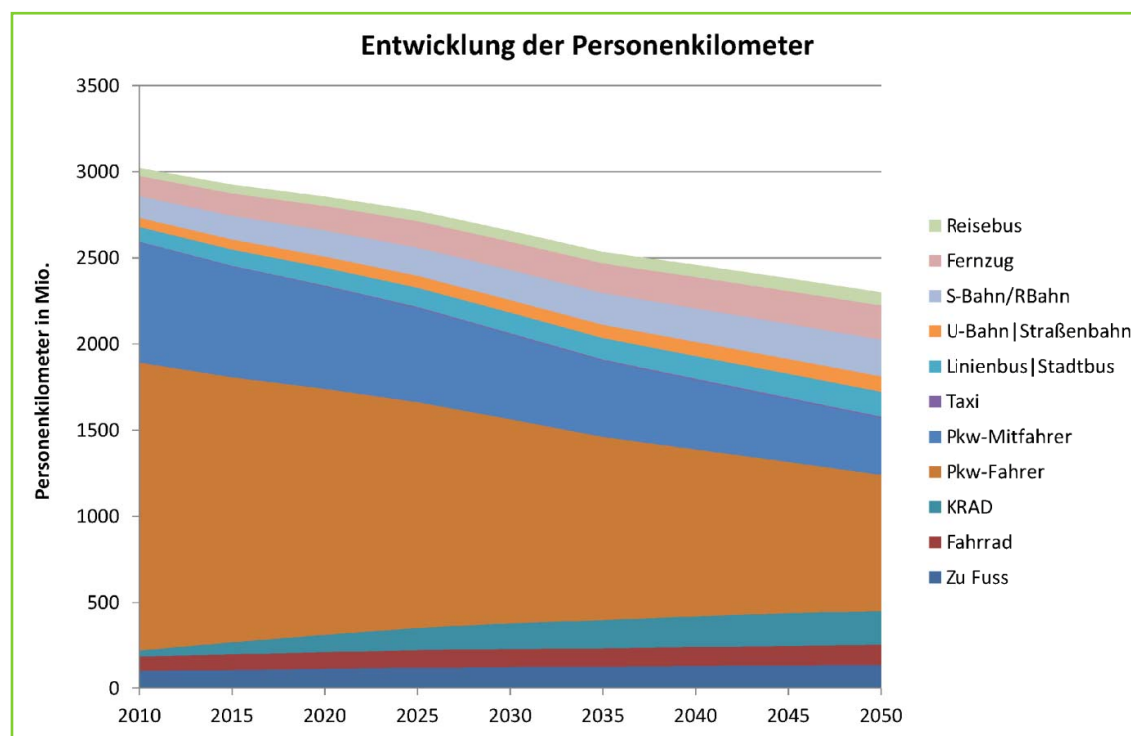


Bild 53: Entwicklung der Personenkilometer im Backcast-Szenario

Die Verkehrsleistung im Personenverkehr wird in 2050 gegenüber 2010 insgesamt um 23,9 % reduziert (Effekte aus der Bevölkerungsentwicklung und den vorgestellten Maßnahmen). Die mit dem Pkw zurückgelegten Personenkilometer werden um gut die Hälfte reduziert, wobei dienstliche und geschäftliche Fahrten ausgenommen sind. Der Trend geht zu Fahrzeugen mit minimalem Energieverbrauch. Insbesondere in Haushalten mit eher geringen Nettoeinkommen gewinnen elektrisch betriebene Zweiräder (Elektroroller)

¹⁶⁷⁾ Quelle: Kraftfahrtbundesamt

an Attraktivität (Tabelle 11), da diese aufgrund ihrer vergleichsweise geringen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten eine Alternative darstellen. Die Verlangsamung des (innerstädtischen) Verkehrs geht einher mit einer baulichen (Um-)Gestaltung der Straßenräume. Die Tabelle 12 zeigt die Änderung der Personenkilometer pro Kopf für 2030 und 2050.

Tabelle 11: Veränderung der Verkehrsleistung (Pkm) im Backcast-Szenario

Verkehrsmittel	Veränderung der Pkm im Zeitraum von 2010 bis 2050	
	in [%]	in Mio. Pkm am Stichtag
Pkw (zu 35 % E-Mobile)	-52,7	-1.250
KRAD (E-Bikes, E-Scooter)	+489,0	+164
ÖV (zu 100 % E-ÖV)	+69,1	+267
Fuß/Rad (inkl. Pedelecs)	+35,7	+67
Gesamt	-23,9	-752

Tabelle 12: Personenkilometer pro Person (am Stichtag) im Backcast-Szenario

Verkehrsmittel	2009	2030		2050	
	[Pkm/Pers.]	[Pkm/Pers.]	Änderung gegenüber 2009 in [%]	[Pkm/Pers.]	Änderung gegenüber 2009 in [%]
NMV	2,25	2,91	+29,1	3,44	+53,0
MIV	29,78	23,12	-22,4	17,90	-39,9
ÖV	5,16	7,58	+46,9	9,90	+92,0
Gesamt	37,19	33,62	-9,6	31,25	-16,0

7.6 CO₂-Emissionen

Im Backcast-Szenario wird bezogen auf das Jahr 1990 eine Emissionsminderung von 53,5 % im Jahr 2030 und 80,4 % im Jahr 2050 erreicht (Tabelle 13).

Tabelle 13: Veränderung der CO₂-Emissionen im Backcast-Szenario

	1990	2030	2050
CO ₂ -Emissionen in [t]	115,7	53,8	22,72
Veränderung gegenüber 1990 in [%]	-	-53,5	-80,4
CO ₂ -Emissionen in [t/Person]	1,45	0,68	0,31
Veränderung gegenüber 1990 in [%]	-	-53,1	-78,7

Die Prokopf-Emissionen können von 1,45 t/Person auf 0,68 t/Person bzw. 0,31 t/Person gesenkt werden. Dies entspricht einer prozentualen Abnahme von 53,1 % (2030) bzw. 78,7 % (2050) gegenüber dem Ausgangsjahr 1990. Das vorgegebene Reduktionsziel, die direkten CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050 um 80 % bezogen auf das Jahr 1990 zu senken, kann durch die Maßnahmenkombination Verkehrsvermeidung – Verkehrsverlagerung – Technische Verbesserungen erfüllt werden. Bild 54 zeigt die Reduktion der Emissionsmengen über die Zeit.

Das zugrunde gelegte Bevölkerungsszenario bewirkt bereits eine Reduktion der CO₂-Emissionen um rund 27 % (entspricht einem Drittel der Gesamtmenge). Die übrigen zwei Drittel Reduktion werden über den Pfad „Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung“ sowie den Technikpfad erreicht. Tragende Säulen sind die Einsparung und das umweltverträgliche Zurücklegen von Personenkilometern sowie ein Wechsel hin zur Elektromobilität. Während der ÖV voll elektrisch angetrieben wird, müssen im motorisierten Individualverkehr nur 35 % der Pkw elektrisch fahren. Ein weiterer zentraler Baustein ist die Stärkung der Nahmobilität zur Erhöhung des Fuß- und Radanteils.

Neben den im Szenario getroffenen Maßnahmen sind weitere CO₂-Minderungseffekte im Personenverkehr u. a. zu erwarten

- aus einer Erhöhung der mittleren Besetzungsgrade, die im Szenario nicht berücksichtigt worden sind und die z. B. durch eine verstärkte Bildung von Fahrgemeinschaften eintreten könnte,
- durch die verstärkte Nutzung von Carsharing-Angeboten, da CO₂ bei der Fahrzeugproduktion und -entsorgung eingespart werden kann,
- durch Angebotserweiterungen in der Vor- und Nachkette bzw. Verknüpfung von Verkehrsträgern durch Bündelung von Angeboten, z. B. Car-Sharing, Bike-Sharing, ÖV, Gepäckservice bei der Bahn etc.,

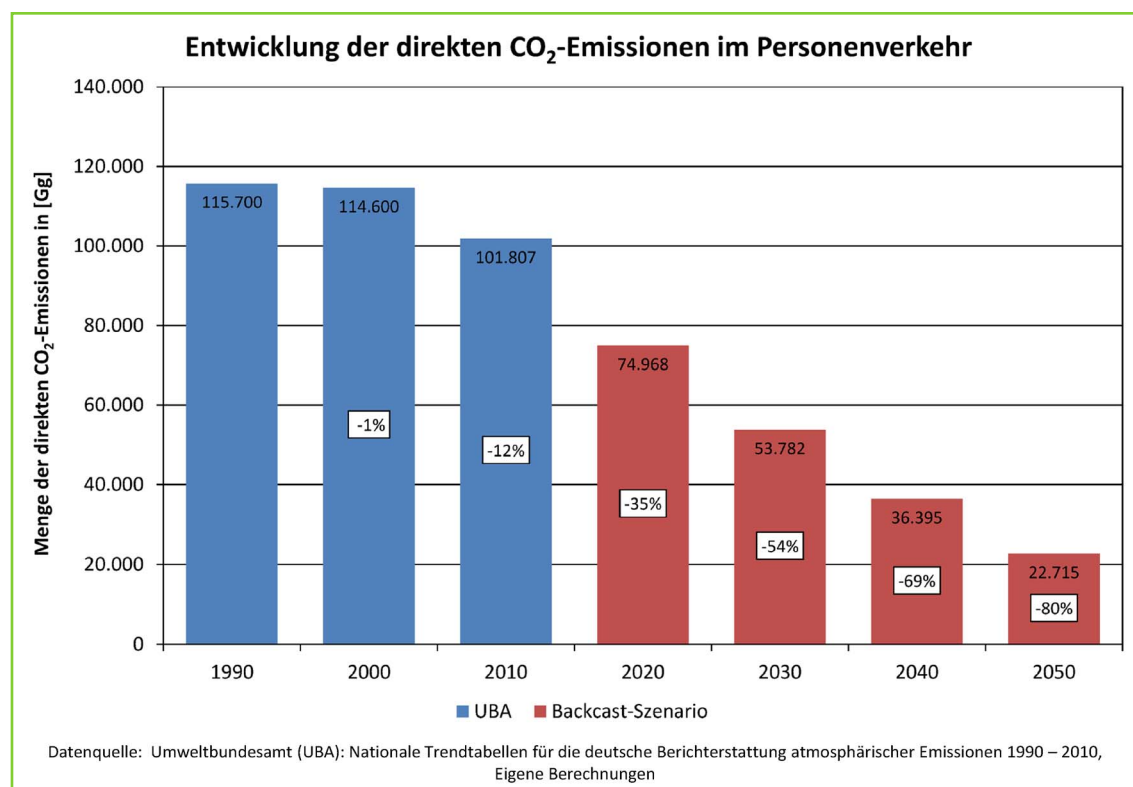







Bild 54: Entwicklung der CO₂-Emissionen im Backcast-Szenario¹⁶⁸⁾

¹⁶⁸⁾ Emissionen im Personenverkehr ohne Luft- und Seeverkehr.

-  durch höhere Effizienzsteigerungen in der Fahrzeugtechnik (diese werden im Vergleich zum Forecast-Szenario methodisch bedingt eher gering angenommen, vgl. Tabelle 14)
-  durch Telematikeinsatz,
-  durch Sekundäreffekte wie Entsiegelung, Pflanzungen usw.,
-  Verhaltensänderung,
-  durch ein generelles Tempolimit auf Autobahnen (120 km/h).

Eine erfolgreiche Reduktion der CO₂-Emissionen im Verkehrssektor verlangt im Back-cast-Szenario einen Kurswechsel in der Verkehrspolitik und die maßvolle, aber konsequente Umsetzung dieses Wissens in der Raum-, Stadt- und Verkehrsplanung.

8 Zusammenstellung ausgewählter Szenarioannahmen

8.1 Grundtypen der Szenarien

Die Szenarioannahmen des **Forecast-Szenario** weisen deutliche Übereinstimmungen mit dem ifmo-Szenario „Gereifter Fortschritt“ auf. Das Szenario ist unterteilt in zwei optimistische Szenarien und ein drittes Szenario, welches die pessimistischen Annahmen der ersten beiden Szenarien vereint. Das Forecast-Szenario ist stark technikorientiert: Eine deutlich erhöhte Ausstattung von Fahrzeugen und Verkehrsinfrastruktur mit Verkehrssteuerungs- und Fahrzeugsicherheitssystemen ist ebenso kennzeichnend für die Verkehrsentwicklung wie die Nutzung neuer Energieformen (z. B. Wasserstoff, Biofuels, Batterie, Hybrid). Gegenüber neuen Mobilitätskonzepten (z. B. Carsharing) und einem Modal Shift zum ÖPNV ist das Forecast-Szenario offen. Die Abwicklung logistischer Prozesse wird – auch durch Verknüpfung von Produktions- und Transportlogistik – effizienter gestaltet. Der Güterverkehr auf der Straße wird weitere Zuwächse erfahren. In der weiteren Entwicklung des **Technikszenarios bis zum Jahr 2050** setzen sich fahrzeugtechnische Verbesserungen fort. Der Anteil der alternativen Antriebe nimmt weiter zu und erlangt eine tragende Rolle bei der Erreichung der CO₂- Minderungsziele.

Das **Szenario „Business as Usual“** (BAU) entspricht dem pessimistischen Forecast-Szenario. Dieses wurde gewählt, weil es eine untere Entwicklung – jedoch nicht gänzlich ohne Verbesserungen – markiert. Eine Emissionsreduktion findet zwar statt, jedoch nicht in so hohem Maße wie in den anderen Szenarien.

Das **Szenario Renewability II Klima** verfolgt einen kombinierten Ansatz aus technischen Maßnahmen zur Effizienzsteigerung sowie Begleitmaßnahmen (z. B. Tempolimit auf Autobahnen). „Gegenüber RENEWABILITY I wurden die Handlungsoptionen insbesondere um Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und -verlagerung ergänzt.“ Es wird sowohl der Personenverkehr als auch der Güterverkehr betrachtet.¹⁶⁹⁾

Das **Backcast-Szenario** geht von einem Emissionsminderungsziel von 80 % CO₂ im Jahr 2050 aus. Es beschränkt sich auf den Personenverkehr (ohne Luft- und Schiffsverkehr). Zur Erreichung dieses Ziels greifen zuerst Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung auf den Umweltverbund. Dabei wird unterstellt, dass die Flotten des ÖV emissionsfrei fahren. Die noch verbleibenden Emissionsmengen werden durch fahrzeugseitige Effizienzgewinne und den Einsatz von Elektrofahrzeugen erreicht. Effekte aus der Bevölkerungsentwicklung werden ebenfalls berücksichtigt. Das Backcast-Szenario ist weniger technikorientiert und setzt stattdessen auf eine breitere Maßnahmenpalette als die anderen Szenarien.

¹⁶⁹⁾ Renewability II: Zusammenfassung der Projektergebnisse.pdf, www.renewability.de, Zugriff am 22. 11. 2012

Tabelle 14: Vergleich der Szenarioannahmen in Klimaschutz-Verkehrsszenarien für Deutschland 2030 (nur Personenverkehr)

		BAU	Forecast Szenario 2	Forecast Szenario 1	Renewability II Klima	Backcast
Bevölkerung in Mio.	1990	79,8	79,8	79,8	79,8	79,8
	2008	82,0	82,0	82,0	82,0	82,0
	2030	77,3	77,3	77,3	79,1	79,0
PKW-Flottenzusammensetzung 2030 in %	Benzin	74 %	36 %	25 %	–	60 %
	Diesel	25 %	26 %	15 %	–	22 %
	Biokraftstoff	–	21 %	20 %	–	–
	Erd- und Flüssiggas	1 %	3 %	3 %	–	–
	Hybrid	0 %	6 %	20 %	87 %	–
	Batterie	–	7 %	15 %	13 %	18 %
	Wasserstoff	–	2 %	2 %	–	–
	Anteil emissionsfreier Fahrzeuge	0 %	30 %	37 %	13 %	18 %
PKW-Flottenausstoß in g CO ₂ /km	1990	211	211	211	211	211
	2008	179	179	179	179	179
	2030	120	120	120	60	159
PKW-technische Effizienzsteigerung in %	1990 – 2030	43 %	43 %	43 %	72 %	32 %
	2008 – 2030	33 %	33 %	33 %	66 %	11 %
Verkehrsaufwand in Mio. Pkm	1990 gesamt	711	711	711	711	711
	2008 gesamt	1.031	1.031	1.031	1.031	1.031
	2030 gesamt	949	949	949	1.183	970
	davon NMV	–	–	–	72	84
	davon ÖV	149	171	171	229	219
davon Eisenbahn	76	85	85	–	123	
MIV	800	778	778	882	667	
Änderung der Pkm im mot. Verkehr in %	1990 – 2030	+ 33 %	+ 33 %	+ 33 %	+ 56 %	+ 25 %
	2008 – 2030	– 8 %	– 8 %	– 8 %	+ 15 %	– 6 %
Modal Split 2030 (Pkm)	NMV	–	–	–	6,1 %	8,6 %
	ÖV	7,7 %	9,0 %	9,0 %	19,4 %	9,8 %
	Eisenbahn	8,0 %	9,0 %	9,0 %	–	12,7 %
	MIV	84,3 %	82,0 %	82,0 %	74,6 %	68,8 %

8.2 Szenarioannahmen

In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Annahmen der klimaschutzorientierten Verkehrsszenarien für Deutschland 2030 „Business as Usual“ (BAU), „Forecast“, „Backcast“ und „Renewability II Klima“ in Tabelle 14 vergleichend nebeneinander gestellt und erläutert. Bei Betrachtung der Werte ist zu beachten, dass der Zielhorizont im Backcast-Szenario im Unterschied zu den anderen Szenarien im Jahr 2050 liegt. Für das Backcast-Szenario sind die in Tabelle 14 für das Jahr 2030 dargestellten Werte somit als Zwischenschritt zur Erreichung des Minderungsziels „-80 % CO₂“ im Jahr 2050 zu verstehen.

Szenarioannahmen zur Bevölkerungsentwicklung

Sowohl im Forecast als auch dem Backcast-Szenario werden Szenarien der Bevölkerungsentwicklung angenommen. Im Backcast-Szenario wird das Szenario „Variante 1W2“ (oberes mittleres Szenario) der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des statistischen Bundesamtes bis zum Jahr 2050 verwendet, im Forecast wird eine Expertenschätzung bis zum Jahr 2030 (ifmo) vorgenommen. Die Gesamtbevölkerung nimmt im Forecast-Szenario bis 2030 um 1,7 Mio. Menschen mehr ab als im Backcast-Szenario. Der Bevölkerungsrückgang für die Gruppe der bis unter 60-Jährigen (2030) ist im Forecast stärker (prozentual und absolut) als im Backcast-Szenario. Bei der Gruppe der 80-Jährigen und Älteren ist im Backcast-Szenario eine stärkere prozentuale Zunahme zu verzeichnen als im Forecast-Szenario. Im Szenario „Renewability II Klima“ liegt die Bevölkerung im Jahr 2030 um 100.000 Einwohner über dem Backcast.

Szenarioannahmen zum Verkehrsaufwand

Die Verkehrsleistung im Personenverkehr verringert sich im Backcast gegenüber BAU und Forecast etwas schwächer (21 Mio. Pkm Differenz). Beim Backcast-Szenario muss jedoch beachtet werden, dass der Zielhorizont auf das Jahr 2050 angelegt ist und ein maßgeblicher Teil der Maßnahmen in der Zeit erst nach 2030 eintritt. Das Szenario „Renewability II Klima“ sticht durch eine weitere Zunahme der Verkehrsleistung hervor (+ 15 %).

Szenarioannahmen zur PKW-Flottenzusammensetzung

Hauptunterscheidungsmerkmal in der PKW-Flottenzusammensetzung ist der Anteil der emissionsfreien Fahrzeuge. Während dieser im Forecast-Szenario in 2030 bei 37,0 % bzw. 29,5 % liegt, beträgt er zum selben Zeitpunkt im Backcast-Szenario nur 18,3 %. Mittels Biokraftstoff, Erd- und Flüssiggas, Wasserstoff und Hybrid getriebene Fahrzeuge machen im Forecast-Szenario einen großen Teil aus (31,4–45,0 %), die im Backcast-Szenario für andere Verkehrsmittel als den PKW vorgesehen werden. Im Szenario „Renewability II Klima“ liegt der Anteil emissionsfreier Fahrzeuge bei 18 %. Daneben werden Beimischungen von 20 % Biosprit angenommen, die dann zu einer Reduktion der mittleren Emissionsmengen (60 g/km, niedrigster Wert von allen Szenarien) führt.




Szenarioannahmen zum Modal-Split des Verkehrsaufwandes

Beim Modal Split des Verkehrsaufwandes weist das Backcast-Szenario den geringsten MIV-Anteil auf. Im Szenario „Renewability II Klima“ liegt dieser gegenüber Forecast- und BAU-Szenario leicht darunter. Entsprechend erhöht sich der Anteil des ÖV im Backcastszenario am merklichsten, wobei die zusätzliche Belastung für den ÖV im Szenario „Renewability II Klima“ aufgrund der steigenden Verkehrsleistung und einem Anteil von ca. 20 % am Modal Split ebenfalls beachtlich ist.

9 Vergleich der Szenarioergebnisse

9.1 Vergleich der Szenarioergebnisse bis 2030

Mobilität ist die Möglichkeit zur Teilhabe am gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Leben und zur Teilnahme an außerhäuslichen Aktivitäten. Mobilität ist demnach zu gewährleisten. Verkehr als die Verwirklichung von Mobilität mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln und an unterschiedlichen Standorten gilt es so umweltschonend wie möglich zu organisieren. Um schädliche Umweltwirkungen im Verkehrssektor zu vermeiden, werden die Strategien

-  Verkehrsvermeidung
-  Verkehrsverlagerung
-  effiziente Verkehrsabwicklung

in Verbindung mit „push-Verfahren und pull-Anreizen“ angewendet.

Die Verkehrsvermeidung setzt die umweltpolitische Strategie der Reduktion des Verkehrsaufwandes – gemessen in Personen- oder Tonnenkilometern pro Jahr – durch eine Verringerung der Anzahl und eine Verkürzung der Länge von Wegen pro Person und Zeiteinheit um. Sie bezieht sich vor allem auf die Förderung verkehrssparsamer Raum- und Siedlungsstrukturen (Stadt der kurzen Wege, Innenentwicklung), autoarmer Lebensstile die De-Materialisierung von Transportprozessen (digitaler Transport) und die Verknüpfung von Produktions- und Transportlogistik.

Die Verkehrsverlagerung stellt die umweltpolitische Strategie der Förderung des Umstiegs der Verkehrsteilnehmer vom motorisierten Individualverkehr (MIV) auf umweltverträgliche Verkehrsarten dar, indem sie die Menschen in der Nutzung des Umweltverbunds (Fuß- und Radverkehr mit Öffentlichem Personenverkehr incl. CarSharing und Taxi-Nutzung) unterstützt. Dies erfolgt durch die Reduktion von Zugangswiderständen, durch attraktive und konsistente Verkehrs(infrastruktur)angebote, gute und durchgängige Reiseinformationen und günstige Kostenstrukturen (Schaffung von Anreizen). Unterstützt wird diese Strategie durch die Erhöhung der Zugangswiderstände für den motorisierten Verkehr.

Die Verbesserung der verträglichen Abwicklung des verbleibenden motorisierten Verkehrs besteht in der umweltpolitische Strategie der Steigerung der Effizienz motorengetriebener Fahrzeuge (Pkw, Lkw, Busse, Bahnen, Schiffe und Flugzeuge) oder deren Umstieg auf mit alternativen Energien angetriebenen Mobilen.

Die vorgestellten Szenarien setzen in unterschiedlichem Umfang auf diese Strategien.

Der Ergebnisvergleich in Tabelle 15 macht zunächst deutlich, dass das Referenzszenario „Business as Usual“ (BAU), zwar grundsätzlich zur Minderung der Kohlendioxidemissionen des Verkehrssektors in Deutschland im Jahr 2030 führt, mit einer Minderung der absoluten CO₂-Emissionen von insgesamt nur 34,2 % bzw. 43,6 % im Personenverkehr die für den Klimaschutz erforderliche Größenordnung von 50 % im gesamten Verkehrssektor aber deutlich verfehlt. Auch in der Pro-Kopf-Betrachtung werden die Klimaschutzziele mit insgesamt nur 32,1 % bzw. 41,8 % Minderung im Personenver-

kehr weit verfehlt. Damit wird deutlich, dass ein wirksamer Klimaschutzbeitrag des Verkehrssektors in Deutschland erheblicher zusätzlicher Anstrengungen bedarf, die über die absehbare Trendentwicklung der BAU-Betrachtung deutlich hinausgehen.

Tabelle 15: Vergleich der Szenarioergebnisse in Klimaschutz-Verkehrsszenarien für Deutschland 2030^{170),171)}

		BAU	Forecast Szenario 2	Forecast Szenario 1	Renewability II Klima	Backcast
CO ₂ -Emissionen absolut (in Mio. t/a)	1990 PV	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7
	1990 GV	–	–	–	–	34,6
	1990 gesamt	160,0	160,0	160,0	–	150,4
	2008 PV	109,0	109,0	109,0	109,0	101,4
	2008 GV	40,0	40,0	40,0	40,0	43,4
	2008 gesamt	149,0	149,0	149,0	149	144,8
	2030 PV	65,3	44,0	34,6	59,9	53,8
	2030 GV	40,0	40,0	40,0	33,6	–
	2030 gesamt	105,3	84,0	74,6	93,4	–
Änderung der CO ₂ -Emissionen absolut (in %)	1990 – 2030 PV	–43,6 %	–62,0 %	–70,1 %	–48,3 %	–53,5 %
	1990 – 2030 GV	–	–	–	–	–
	1990 – 2030 gesamt	–34,2 %	–47,5 %	–53,4 %	–41,6 %	–
	2008 – 2030 PV	–40,1 %	–59,6 %	–68,3 %	–45,1 %	–46,9 %
	2008 – 2030 gesamt	–29,3 %	–43,6 %	–49,9 %	–37,3 %	–
CO ₂ -Emissionen pro Kopf (in t/Kopf)	1990 PV	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
	1990 GV	–	–	–	–	0,43
	1990 gesamt	2,01	2,01	2,01	2,01	1,89
	2008 PV	1,33	1,33	1,33	–	1,24
	2008 GV	0,49	0,49	0,49	–	0,53
	2008 gesamt	1,82	1,82	1,82	–	1,77
	2030 PV	0,84	0,57	0,45	0,76	0,68
	2030 gesamt	1,36	1,09	0,97	1,18	–
Änderung der CO ₂ Emissionen pro Kopf (in %)	1990 – 2030 PV	–41,8 %	–60,8 %	–69,1 %	–47,8 %	–53,1 %
	1990 – 2030 GV	–	–	–	–	–
	1990 – 2030 gesamt	–32,1 %	–45,8 %	–51,9 %	–41,1 %	–
	2008 – 2030 PV	–36,4 %	–57,2 %	–66,3 %	–43,1 %	–44,9 %
	2008 – 2030 gesamt	–25,0 %	–40,2 %	–46,9 %	–35 %	–

PV: Personenverkehr; GV: Güterverkehr; gesamt: Gesamtverkehr lt. jeweiligem Szenario

170) Szenario Renewability II Klima: Direkte Emissionen (73 % der indirekten Emissionen lt. Szenariobeschreibung) ohne Flugverkehr. Werte in Klammern wurden aus dem Forecast- oder Backcast-Szenario übernommen bzw. beziehen sich auf übernommene Werte (z. B. bei Änderung in %).

171) Hinweis: Es werden keine konsistenten Alternativszenarien verglichen, da sowohl unterschiedliche Annahmen als auch unterschiedliche Zeithorizonte gewählt worden sind.

Die drei dargestellten Szenarien für die langfristige Verkehrsentwicklung in Deutschland, das RENEWABILITY-II-Szenario 2030, das Forecast-Szenario 2030 und das Backcast-Szenario 2050/2030 skizzieren dazu grundsätzlich unterschiedliche Handlungsoptionen zur Gestaltung dieser angestrebten Entwicklung.

Während das Forecast-Szenario im Wesentlichen einen gezielten, massiven und sehr schnellen PKW-Technikansatz anstrebt, setzt das Backcast-Szenario strategisch auf eine Gleichverteilung der Beiträge zur Reduktion fossiler Treibstoffe aus Technik und Verhalten und auf vergleichsweise langsamere, langfristig angelegte gesellschaftliche Lernprozesse mit deutlichen und grundsätzlichen Veränderungen in den Raum- und Mobilitätsstrukturen.

Im Folgenden werden alleine die Szenarioergebnisse zum Personenverkehr verglichen, da das Backcast-Szenario den Güterverkehr nicht betrachtet hat.

Forecast- und Backcast-Szenario kommen im Personenverkehr bis 2030 auf größenordnungsmäßig ungefähr gleiche Beiträge zur CO₂-Minderung von 50 – 60 %. Beide erreichen damit die zum Klimaschutz erforderlichen Minderungsziele und liegen besser als das Referenzszenario „Business as Usual“ mit einer unzulänglichen CO₂-Minderung von 40 %.

9.2 Vergleich der Szenarioergebnisse bis 2050

Das nachfolgende Bild 55 zeigt die jeweiligen Minderungsbeiträge der einzelnen Szenarien bis 2050 im Vergleich zum Bezugsjahr 1990.¹⁷²⁾

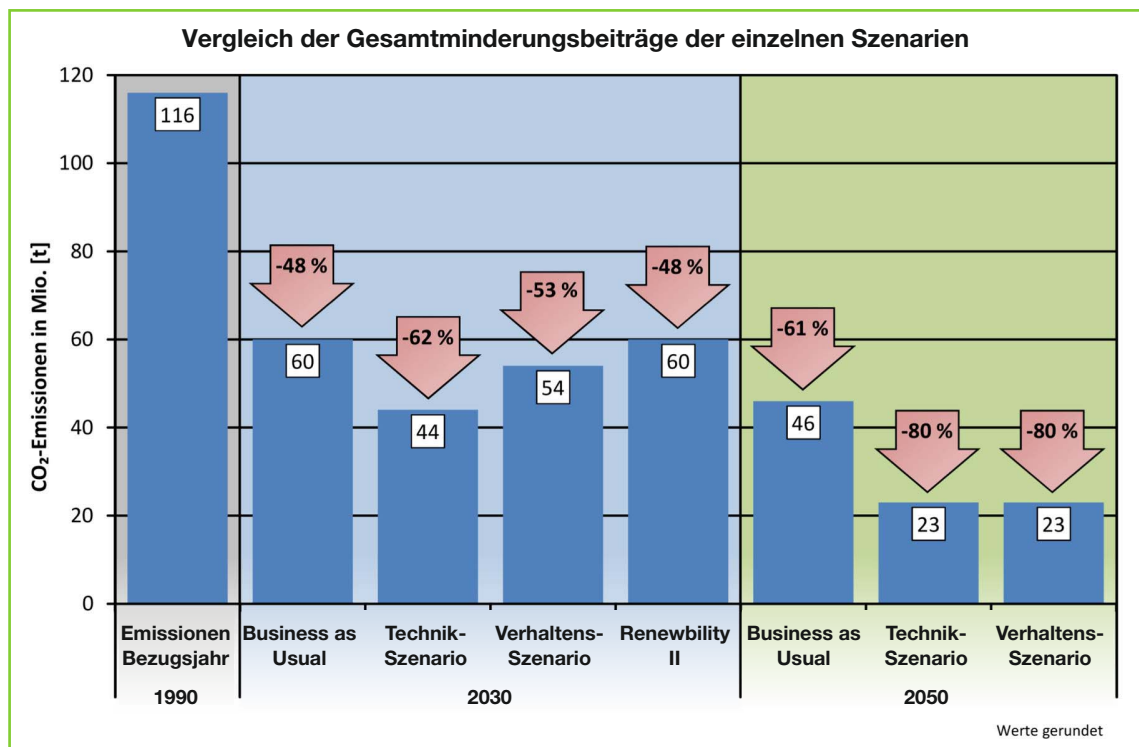


Bild 55: Vergleich der absoluten CO₂-Emissionen der Verkehrsszenarien für Deutschland (Personenverkehr)

172) Hinweis: Da zur Berechnung des Technik-Szenarios bis 2050 dessen Werte in die Berechnungsmethodik des Verhaltensszenarios übernommen wurde, ergeben sich für 2030 leichte Wertabweichungen gegenüber Tabelle 15. Dies ist für die Gesamtaussage jedoch ohne Belang.

Der Ergebnisvergleich macht zunächst deutlich, dass auch beim Referenzszenario „Business as Usual“ (BAU) eine Minderung der CO₂-Emissionen des Verkehrssektors in Deutschland im Jahr 2050 zu erwarten ist, diese jedoch mit 61 % im Personenverkehr die für den Klimaschutz bis dahin angestrebte Größenordnung von –80 % im gesamten Verkehrssektor deutlich verfehlt. Auch in einer Pro-Kopf-Betrachtung werden die Klimaschutzziele mit insgesamt nur 57 % Minderung im Personenverkehr von diesem Szenario weit verfehlt (Bild 56). Damit wird deutlich, dass ein wirksamer Klimaschutzbeitrag des Verkehrssektors in Deutschland erheblicher zusätzlicher Anstrengungen bedarf, die über die absehbare Trendentwicklung der BAU-Betrachtung hinausgehen.

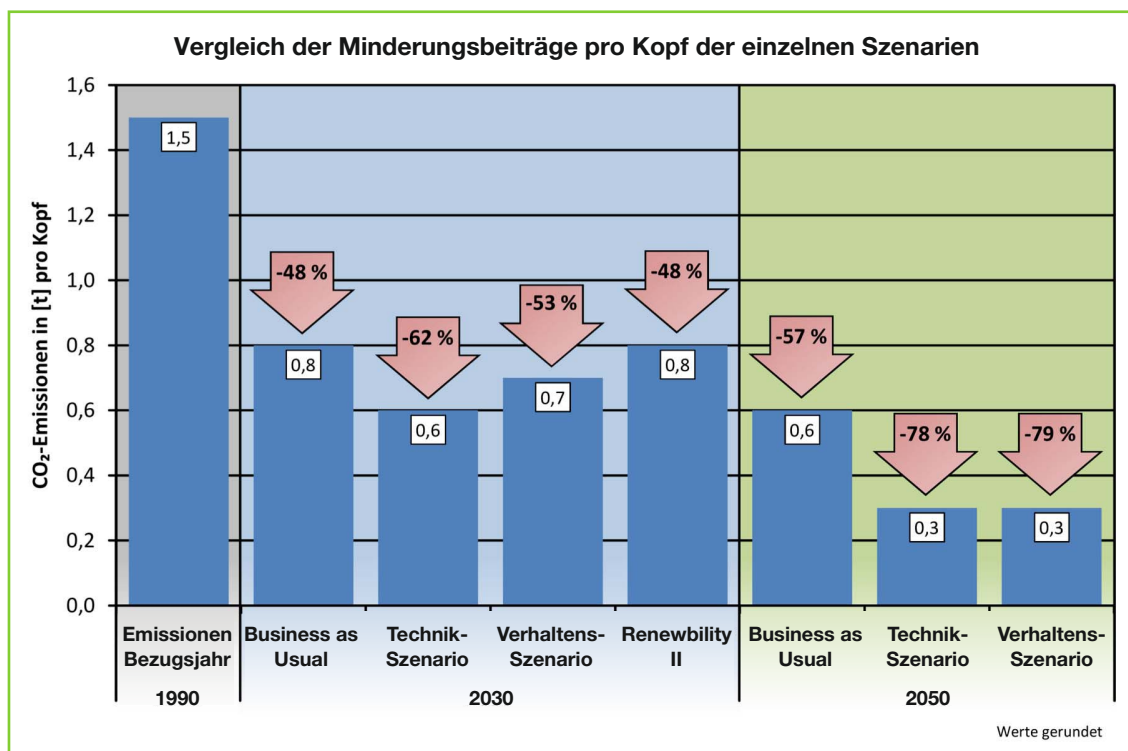


Bild 56: Vergleich der CO₂-Emissionen pro Kopf der Verkehrsszenarien für Deutschland (Personenverkehr)

Die drei dargestellten Szenarien für die langfristige Verkehrsentwicklung in Deutschland, das Technik-Szenario 2030/2050, das Renewability-II-Szenario 2030 und das Verhaltens-Szenario 2030/2050 skizzieren dazu grundsätzlich unterschiedliche Handlungsoptionen zur Gestaltung der angestrebten Entwicklung.

Technik- und Verhaltens-Szenario kommen im Personenverkehr bis 2030 auf ähnliche Beiträge zur CO₂-Minderung von ca. 50 – 60 %. Beide erreichen damit die zum Klimaschutz erforderlichen Minderungsziele und unterschreiten das Referenzszenario „Business as Usual“.

9.3 Gemeinsamkeiten der Szenarien

Während das Technik-Szenario im Wesentlichen eine gezielte, massive und schnelle Förderung alternativer Antriebstechnologien für PKW unterstellt, setzt das Verhaltens-Szenario strategisch auf eine Gleichverteilung der Beiträge zur Reduktion fossiler

Kraftstoffe aus Technikentwicklung und Verhaltensänderung, wobei letztere eine langsame Änderungen der Raumstrukturen sowie langfristig angelegte gesellschaftliche Lernprozesse im Hinblick auf eine nachhaltige Mobilitätsstruktur voraussetzt.

Allen Szenarien ist gemeinsam, dass sie intensive Aktivitäten unterschiedlicher Akteure erfordern. Ihre Ansätze funktionieren nur, wenn gleichzeitig die Energiewende hin zu erneuerbaren Energien mit Nachdruck und zeitnah vollzogen wird. Alle Szenarien benötigen die weitere Zunahme der Benzin-/Dieselpreise als Treiber. Allen Szenarien ist gemeinsam, dass sie mit höheren Mobilitätskosten verbunden sein werden, dafür aber die bisherige Abhängigkeit vom Rohstoff Erdöl überwinden, den vollen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten und zu einer besseren Umweltqualität in Städten beitragen.

Tabelle 16: Vergleich der wesentlichen Szenarioeigenschaften

	Technik-Szenario	Verhaltens-Szenario	Renewability II Klima-Szenario
Umsetzung	– sofort und umfassend	– zeitnah und stetig	– sofort und schnell
Verkehrssystem Ausrichtung	– eher monomodal – individuell – privat – autoorientiert	– multimodal – öffentlich – Teilhabe – Sharing-Konzepte	– multimodal – öffentlich – auch autogerecht
Stadtentwicklungs- planung	– autoorientiert – längere Wege – Flächenentwicklung möglich	– kurze Wege – integrierte Stadtstrukturen – „green city“ / „liveable streets“	– kurze Wege – integrierte Stadtstrukturen – „liveable streets“
Sozial	– eher exkludierend	– inkludierend	– inkludierend
Treiber	– EU, Bundesregierung, Fahrzeugindustrie, Käufer – höhere Kraftstoffpreise	– EU, Bundesregierung – veränderte Preisstrukturen – attraktive ÖV-Angebote – erneuertes Umwelt- bewusstsein – höhere Kraftstoffpreise	– EU, Bundesregierung – veränderte Preisstrukturen – attraktive ÖV-Angebote – höhere Kraftstoffpreise
Politik	– gesetzliche Festlegung von Emissionsgrenzwerten – Änderung der Zulassungspolitik – Anreizprogramme zum Kauf emissionsarmer Fahrzeuge mit alternativen Antrieben – Energiewende	– massiver Infrastrukturaus-/-umbau (ÖV, Rad, Fußverkehr) – Energiewende – Anreizprogramme zum Kauf emissionsarmer Fahrzeuge – zunehmende Akteursvielfalt – Änderung steuerlicher und planerischer Rahmenbedingungen	– gesetzliche Festlegung von Emissionsgrenzwerten – Änderung der Zulassungspolitik – stärkere Unterstützung des ÖV – Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur – Energiewende
Industrie	– Vorrangstellung der Auto- mobilindustrie bleibt erhalten – Innovationsschub – sofortige Marktreife neuer Technologie erforderlich	– Fahrzeugbau des ÖV gewinnt an Bedeutung – stufenweise Anpassung der Fahrzeugproduktion/alter- native Antriebsformen	– Vorrangstellung der Auto- mobilindustrie bleibt erhalten – Effizienzmaßnahmen – Beimischungen Biosprit

(Fortsetzung Tabelle 16)

	Technik-Szenario	Verhaltens-Szenario	Renewability II Klima-Szenario
ÖV-Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> – Angebotsanpassung – Erhaltungsmaßnahmen – elektrischer Betrieb 	<ul style="list-style-type: none"> – ÖV bildet Rückgrat der urbanen Mobilität – massive Angebotsausweitung – Infrastrukturmaßnahmen erforderlich (Netze und Betriebshöfe) – Erweiterung/Umstellung der Fahrzeugflotte – Personalzuwachs, gegebenenfalls Anpassung der Dienstzeitregelungen – elektrischer Betrieb – Erhaltungsmaßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> – Attraktivitätszuwächse – maßvolle Angebotsausweitung – Erhaltungsmaßnahmen
Betreiber	<ul style="list-style-type: none"> – neue Betreibersysteme (Stromanbieter) 	<ul style="list-style-type: none"> – neue Betreibersysteme (Stromanbieter) – neue Tarif-/Angebotsstrukturen ÖV – mehr Anbieter 	<ul style="list-style-type: none"> – neue Betreibersysteme (Stromanbieter) – Tarif-/Angebotsstrukturen ÖV
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> – Umbaukosten Infrastruktur entfallen – Bedienung ländlicher Raum problemlos – kein Systemwechsel – Emissionsminderung (Lärm, Abgase) 	<ul style="list-style-type: none"> – umfassende Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in städtischen Räumen – Mobilitätssicherung – langfristig Konsolidierungsprozess, Nachhaltigkeit – Bedienung ländlicher Räume ??? 	<ul style="list-style-type: none"> – Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in städtischen Räumen – Mobilitätsvielfalt bleibt erhalten
Risiken	<ul style="list-style-type: none"> – Gefahr des Totalausfalls bei Ausbleiben technologischer Entwicklung – Kostenrisiko bei Industrie und Privathaushalten 	<ul style="list-style-type: none"> – Finanzierung – Überforderung von Kommunen und Verkehrsunternehmen – periphere Räume können abgehängt werden, wenn Erschließung mittels Elektroautos/flexiblen Bedienformen nicht gelingt 	<ul style="list-style-type: none"> – insgesamt Ambitionierte Maßnahmen – Nichterreicherung der gesetzten Emissionsstandards
Stabilität	<ul style="list-style-type: none"> – keine Kompensation bei Ausfall des Systems „Auto“ bzw. Nichtakzeptanz der Elektromobilität durch die Verbraucher möglich 	<ul style="list-style-type: none"> – in die Breite entwickeltes Verkehrssystem – teilweise Kompensation bei Ausfall eines Teilsystems möglich 	<ul style="list-style-type: none"> – integriertes Verkehrssystem – teilweise Kompensation bei Ausfall eines Teilsystems möglich – Möglichkeit des Nichterreichens des Gesamtminderungszieles aufgrund von Wechselbeziehungen bzw. Abhängigkeiten im Gesamtsystem

Charakteristik des Forecast- oder Technik-Szenarios

Der Technikansatz des Forecast-Szenarios setzt auf eine schnelle und umfassende Marktdurchdringung mit neuen energiesparsamen oder mit erneuerbaren Energien betriebenen Fahrzeugen. Er verlangt das sehr ambitionierte Handeln weniger Schlüsselakteure aus Politik und Automobilindustrie und setzt mehr auf die Initiative der Privatwirtschaft, speziell der Automobilindustrie. Die Politik müsste im Grundsatz in der

Zulassungspolitik die Weichen so stellen, dass ab morgen keine Verbrennungskraftmaschinen für fossile Treibstoffe, sondern nur noch energiesparsame Autos, Hybridfahrzeuge oder mit Biosprit, elektrischer Energie oder Wasserstoff betriebene Fahrzeuge zugelassen werden. Die Automobilindustrie müsste ihre Produktion sofort und radikal auf diese Fahrzeuge umstellen und der Verbraucher müsste sie auch kaufen. Die Energiewirtschaft muss die dafür erforderlichen erneuerbaren Energien bereitstellen und die Landwirtschaft muss die benötigten Mengen Biosprit der II. Generation produzieren.

Außerdem muss durch die öffentliche Hand in Verbindung mit privaten Bauherren und privaten Anbietern (Tankstellen, Parkplätzen vor Einkaufszentren) ab sofort die Ladeinfrastruktur (Ladestationen, Oberleitungen und induktiv Ladungspunkte) auch in öffentlichen Räumen errichtet werden. Die Finanzierung dieser Ladeinfrastruktur muss geklärt werden. Dafür werden im Personenverkehr weitgehend die vorhandenen Raum-/Stadt- und Verkehrsinfrastrukturen unverändert bleiben können. Die Erreichbarkeit des peripheren ländlichen Raums bleibt gewährleistet. Veränderungen im Verkehr beziehen sich vor allem auf das Fahrverhalten der neuen Mobile (Reichweite, Art des Leistungsabrufs, „Sizing“ der Fahrzeuge). Die Erhöhung der Verkehrssicherheit muss durch Technik (Fahrerassistenzsysteme, automatische Bremssysteme, automatisches Fahren) erreicht werden. Durch dieses Szenario erhöht sich die Abhängigkeit von Ressourcen für den Fahrzeugleichtbau und die Batterieherstellung. Bedingung für dieses Szenario ist, dass die Kosten für die neuen Mobile auf für die privaten Haushalte machbare Größenordnungen reduziert werden können.

Das Technik-Szenario trägt neben der CO₂-Minderung auch zur Verbesserung der Lärm- und Schadstoffbelastungen in bebauten Bereichen bei. Hier gehen die Verbesserungen mit den im Rahmen des Verhaltens-Szenarios unterstellten Verhaltensänderungen demgegenüber allerdings deutlich weiter. Auch der notwendige Beitrag zur Flächeneinsparung fällt beim Technik-Szenario deutlich geringer als bei den Forderungen des Verhaltens-Szenario aus. Ziele und Konzepte, wie sie von Städtebauern und Umweltplanern unter den Begriffen der „Green Streets“, der „Liveable Streets“, des „New Urbanism“ oder der „gesunden Stadt“ diskutiert werden, also Stadtstrukturen, in der sich die Menschen mehr zu Fuß bewegen, mehr in der Stadt leben und vermehrt am Gemeinschaftsleben teilhaben, rücken bei diesem Szenario eher in den Hintergrund.

Die Bedingungen des Technik-Szenarios werden die Automobilindustrie anstoßen, ihre wirtschaftliche Vorrangstellung durch die Entwicklung anspruchsvoller Mobilitätsangebote auf der Grundlage eines Technologiewechsels rund um das „Produkt Auto“ zu erhalten. Ein solches Szenario käme wohl auch der Idee eines Aufbaus von Smart-Grids weit entgegen. Das Szenario setzt auf wenige zentrale Handlungsstränge und Akteure. Fallen diese aus oder funktionieren die beabsichtigten Ansätze nicht, werden die gesetzten Ziele auf ganzer Breite verfehlt.

Wird dieses Trend-Szenario gedanklich bis 2050 fortgesetzt, würden alle heutigen Fahrzeuge mit Verbrennungskraftmaschinen durch Fahrzeuge mit alternativen Antrieben ersetzt.

Charakteristik des Renewbility II Klimaschutz-Szenarios

„Die Entwicklung des Klimaschutzszenarios in Renewbility II stand unter der Maßgabe, ein konsistentes Maßnahmenbündel zu entwerfen, das einen möglichst hohen Klimaschutzbeitrag des Verkehrssektors bis 2030 ermöglicht und dabei die im Klimaschutz-

szenario von Renewbility I erzielte Minderung der Treibhausgasemissionen übertrifft. Die Szenarioentwicklung wurde maßgeblich von den beteiligten Stakeholdern gestaltet. [...] Die Auswahl und Ausgestaltung der Maßnahmen für das Klimaschutzszenario wurde in einem mehrstufigen Prozess vorgenommen. Auf Grundlage einer fachlichen Auseinandersetzung mit der Wirkung von Einzelmaßnahmen überführten die beteiligten Stakeholder schließlich ein konsistentes Bündel an Maßnahmen in ein gemeinsames Klimaschutzszenario.“ Als Maßnahmen im Klimaschutzszenario sind u. a. zu nennen Ausweitung des Angebots im Öffentlichen Verkehr, begleitende Maßnahmen zur Attraktivitätssteigerung des Öffentlichen Verkehrs, CO₂-Emissionsstandard von durchschnittlich 60 g CO₂/km für Pkw-Neuzulassungen, Einsatz von Elektrofahrzeugen, Beimischung von Biokraftstoffen, Förderung des Kombinierten Verkehrs und von Gleisanschlüssen, Optimierung der Logistik, Nutzung moderner Telematik- und IT-Systeme, Förderung des Radverkehrs und fiskalische Maßnahmen.¹⁷³⁾

„Insgesamt zeigt das im Rahmen von RENEWBILITY II entwickelte Klimaschutzszenario, dass auch der Verkehrssektor bis 2030 eine deutliche Verringerung der Treibhausgasemissionen erzielen und somit maßgeblich zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung beitragen kann. Eine entsprechende Entwicklung setzt allerdings eine ambitionierte Maßnahmenausgestaltung voraus, die sich nicht auf technische Effizienzsteigerungen beschränkt, sondern auch die Verkehrsverlagerung im Güter- und Personenverkehr fördert. Dies bedeutet aber auch, dass alle Verkehrsträger gleichermaßen und frühzeitig in die Infrastrukturplanung einbezogen sowie alternative Mobilitäts- und Transportkonzepte entwickelt und gefördert werden müssen. [...] Sollen die Treibhausgasemissionen des Verkehrs erheblich reduziert werden, muss ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt werden, der die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Maßnahmen und Rahmenbedingungen berücksichtigt.“¹⁷⁴⁾

Charakteristik des Backcast- oder Verhaltensszenarios

Der Backcast-Ansatz benötigt im Unterschied zum Forecast-Szenario zu seiner Umsetzung die Bereitschaft der Gesellschaft zu umfassenden Änderungen in ihrem Mobilitätsverhalten und der Vielfalt der verschiedenen Verkehrsakteure (Verkehrsteilnehmer, Verkehrsanbieter und planender Verwaltung) in ihrer gesamten Breite. Er geht davon aus, dass die mobilen Menschen nicht nur ihr Kaufverhalten in Bezug auf die Fahrzeuge, sondern mit der Zeit auch ihr gesamtes Mobilitäts- und Standortwahlverhalten ändern. Damit ist das Backcast-Szenario in der dafür erforderlichen Überzeugungsarbeit sehr ambitioniert. Es ist vorsichtiger im Technikansatz und lässt mehr Zeit für die Marktdurchdringung mit sparsamen und mit regenerativen Energien angetriebenen-Fahrzeugen. Dafür muss die Politik mehr Mittel für den massiven Ausbau und die Steigerung der Attraktivität des Öffentlichen Nahverkehrs zur Verfügung stellen. Auch werden neben der Erhaltung und Erneuerung der bestehenden Verkehrsinfrastruktur massiv Mittel für die Umgestaltung der bisher autogerecht ausgelegten Hauptverkehrsstraßen in „Straßen der postfossilen Mobilität“ mit städtebaulich bemessenen, attraktiven Seitenräumen für Aufenthalt und Fußgänger, mit Radwegen für neue E-Mobilitätsformen und für einen verlässlich und mit Vorrang betreibbaren ÖPNV notwendig werden (Stichwort: „GVFG 2050“). Gleichzeitig stellt das Backcast-Szenario in einem bestimmten Umfang

173) Renewbility II: Szenario für einen anspruchsvollen Klimaschutzbeitrag des Verkehrs, Zentrale Ergebnisse

174) Zitiert aus: Renewbility II: Zusammenfassung der Projektergebnisse.pdf, www.renewbility.de, Zugriff am 22. 11. 2012

auch die unbequeme Forderung, bisher bestimmte Wege oder Reisen zu unterlassen. Das Backcast-Szenario erfordert eine veränderte Stadtplanung mit stärkerer Integration der Nutzungen und einer Verdichtung der Strukturen. Die Stadt des Backcasting-Szenarios ist genauso wie im Forecasting-Szenario leise und schadstoffarm. Im öffentlichen Raum stehen Flächen für die Verbesserung der Stadtgestaltung (Grün, Aufenthalt, Außengastronomie u.ä.) zur Verfügung. Die Menschen können sich in attraktiv gestalteten Straßenräumen aufhalten, fortbewegen und leben in einem anregenden Stadtumfeld. Durch autoarme Lebensstile entlasten sich die privaten Haushalte weitgehend von Kosten für Fahrzeuge im Privatbesitz und organisieren ihre Mobilitätsketten multimodal unter Einbeziehung von Miet- und Sharingkonzepten.


Der ländliche Raum läuft dagegen Gefahr in seiner Erreichbarkeit abgehängt zu werden, wenn nicht massive Schritte zur flexiblen, alternativen und nachfrageorientierten Bedienung unternommen werden. Elektromobile werden hier den Beweis antreten müssen, dass sie auch für die Bedienung der Fläche geeignet sind. Allerdings ist dieses Szenario nicht so störanfällig gegen das Nicht-Funktionieren oder den Ausfall einzelner Maßnahmen. Die gesetzten Ziele würden in diesem Fall zwar nicht in vollem Umfang aber doch weitgehend erreicht und es könnte relativ flexibel durch Verstärkung erfolgreicher Maßnahmen nachgesteuert werden. Ein kontinuierliches Monitoring könnte den jeweiligen Stand der gesellschaftlichen Lern- und Veränderungsprozesse im Verkehrssektor zeigen und ein kontinuierliches Reflektieren und Nachsteuern durch Politik und Gesellschaft ermöglichen.

Dieses Szenario setzt Innovationsanreize nicht nur in der Automobilwirtschaft, sondern auch bei den Herstellern aller Arten von Fahrzeugen vom Elektrofahrrad bis zum E-Bus. Für das Gelingen dieses Konzeptes ist die Entwicklung integrierter, inter- und multimodaler Informations-, Tarif- und Bezahlssysteme Voraussetzung.

10 Ausblick

Die Einsicht in die Notwendigkeit, sich von der Ressourcenabhängigkeit von fossilen Treibstoffen zu lösen und die Emissionen klimaschädlicher Gase zu reduzieren führt zwangsläufig zur Beschäftigung mit postfossilem Verkehr. Strukturübergänge kann man den Kräften des Marktes überlassen oder man kann sie gestalten. Strukturübergänge bedeuten immer die Aufgabe von Gewohntem, Geübtem und Liebgewonnenen; sie stellen aber auch Chancen für Neues, Besseres dar. Strukturübergänge können in Brüchen verlaufen oder in fließenden Übergängen.

All dies macht deutlich, dass die Befassung mit postfossilem Verkehr und seiner Ausgestaltung eine wesentliche Zukunftsaufgabe für die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen darstellt. Diese Schrift zeigt Entwicklungstrends und Entwicklungspfade anhand von Szenarienbetrachtungen auf. Die zunächst gute Nachricht ist, dass es Wege zur Erreichung der politisch gesetzten Minderungsziele gibt, dass sich diese Ziele also erreichen lassen. Dabei wird deutlich, dass es Gestaltungsoptionen unterschiedlicher Entwicklungspfade gibt. Die gestaltete Entwicklung wird sich zwischen den beiden „Zukünften“:

 Technikszenario (Forecast-Szenario) mit einem völligen Umstieg auf Fahrzeuge mit alternativen Antrieben

 Technik- und Verhaltensszenario (Backcast-Szenario)

ergeben. Welches dieser Szenario Realität werden wird, ist vom verkehrspolitischen Gestaltungswillen, von der Mitnahme der Bürger auf diesen Wegen und von der Bereitschaft der Akteure im Verkehrswesen abhängig, wesentliche und umfassende Verhaltensänderungen zur Verkehrsvermeidung, Verkehrsverlagerung und zur verträglichen Abwicklung vorzunehmen. Stadt- und Verkehrsplanung, Verkehrswirtschaft, Bau- und Fahrzeugindustrie können diese Prozesse durch die Entwicklung effizienter und suffizienter Verkehrs-(infrastruktur-)angebote unterstützen, indem sie es den Verkehrsteilnehmern leicht machen, sich im Sinne der postfossilen Mobilität besser zu verhalten.

Sicher scheint, dass das Auto als bedeutenster Teil der Verkehrsangebote, als Statussymbol und in der Nutzung in den Städten künftig an Bedeutung verlieren wird. Der Personenverkehr wird in stärkerem Maße multimodal abgewickelt werden müssen als dies heute der Fall ist. Die Verkehrsmittel des Umweltverbundes müssen gestärkt („Modal Shift“) und kurze Entfernungen vermehrt durch Einsatz menschlicher Körperkraft (Zufußgehen, Radfahren) überwunden werden. Elektrofahrzeuge, die in Größe, Gewicht, Komfort, Motorisierung und Kapazität den Anforderungen des Alltagsverkehrs genügen, können nur mit Strom aus regenerativen Energien CO₂-sparsam fahren.

Postfossiler Verkehr setzt die intelligente Verknüpfung von Verhaltensveränderungen, neuen Technologien und neuen Angeboten voraus. Ziel sollten integrierte Raum- und Siedlungsstrukturen, der Umweltverbund aus nichtmotorisiertem und öffentlichem Verkehr und alternative Verkehrs- und Nutzungsformen, wie beispielsweise die mit regenerativen Energien betriebene Elektromobilität sein.

Um ihre Funktion erfüllen zu können, müssen die Energien zunehmend aus erneuerbaren Quellen (Sonne, Wasser, Wind, Biomasse, Biogas, Erdwärme) kommen. Der Gewinn für die Allgemeinheit und für jeden Einzelnen liegt in umwelt- und stadtverträgliche-

ren Verkehrsstrukturen. Der Wechsel vom fossilen zum postfossilen Verkehr kann auch dazu beitragen, aktuelle Verkehrsaufgaben wie die Luftreinhaltung oder die Lärmmin- derung zu befördern und die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Postfossiler Verkehr setzt eine „neue“ Mobilitätskultur voraus. Durch die verbesserte Stadt- und Umweltverträglichkeit des Verkehrs kann die Renaissance der Städte und reurbane Entwicklungen gefördert werden.

Der Paradigmenwechsel braucht als Basis für die Umsetzung und Akzeptanz die Ein- sicht, dass Autoverkehr absehbar teuer bleiben und langfristig teurer werden wird. Der nächste Schritt muss der Wechsel von einer gleichzeitigen Förderung aller Verkehrsarten hin zu einer Konzentration der Förderung auf energiesparsame und finanzierbare Mobilität alternativer Verkehrsformen und den Umweltverbund in angepassten kompakten Siedlungsstrukturen sein, die eine geringere Abhängigkeit vom motorisierten Verkehr und damit von fossilen Energieträgern aufweisen. Dies kann sowohl den privaten, als auch den öffentlichen Haushalten helfen, die Kosten für die Mobilität bzw. die Unterhaltung der Verkehrsinfrastruktur und den Betrieb des Verkehrs zu reduzieren.

Die Energy Watch Group bringt die Aufgabe auf den Punkt: „Das Ende des fossilen Zeitalters beinhaltet aber auch eine gute Nachricht, da uns im Wesentlichen die durch den Abbrand fossiler Energieträger menschengemachte Klimaerwärmung ohnehin zwingt, möglichst schnell den Verbrauch fossiler Energieträger einzuschränken. Daher sollten wir diese Begrenzungen offen diskutieren und zu einer ernsthaften Suche nach einer langfristig tragbaren Lösung nutzen. Je länger wir uns dieser nach vornegewandten Suche nach Lösungen verschließen und versuchen, die bestehenden fossilen Energieversorgungsstrukturen noch möglichst lange trotz steigenden Aufwands beizubehalten, desto größer wird das Risiko, dass Versorgungsengpässe, Energiepreisverteuerungen und dadurch ausgelöste schwere wirtschaftliche Verwerfungen die Stabilität von Wirtschaft, Gesellschaft und Politik gefährden.“¹⁷⁵⁾

In der Studie des Umweltbundesamtes zur „CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland“¹⁷⁶⁾ wurden verschiedene Einzelmaßnahmen und ihre Minderungspotenziale analysiert. Wenn man von der Annahme ausgeht, dass mindestens 50 % und bis zu 80 % des Potenzials der Summe aller Maßnahmen in der Realität zu erreichen ist, so wären das 54 bis 87 Millionen Tonnen (Mio. t) CO₂-Minderung im Jahr 2020 und 64 bis 103 Mio. t CO₂-Minderung im Jahr 2030 gegenüber dem in der Studie zugrunde gelegten Trendszenario.

Letztendlich beschreiben die beiden Szenarien zwei mögliche Zukünfte mit verschiedenen Verkehrspolitiken in Deutschland und unterschiedlichen damit verbundenen Gesellschaftsentwürfen. Die Strategie der zeitlichen Gestaltung des Übergangs zu einer postfossilen Mobilität – also die Frage, inwieweit es gelingen kann, die Menschen auf diesem Weg mitzunehmen – ist dabei ein entscheidender Faktor.

Weitere Faktoren werden die Verfügbarkeit von Ressourcen (z. B. Materialien für Leichtfahrzeuge und Batterien), die Wirkungen für andere Politikbereiche (z. B. Konkurrenz um knappe landwirtschaftliche Produktionsflächen), die verfügbaren Mittel in den öffentlichen und privaten Haushalten für neue Infrastrukturen und die Implikationen für die wirt-

175) Quelle: Zittel, W.; Zerhusen, J.; Zerta, M.; 2013, S. 48

176) Umweltbundesamt, Texte 05/2010: CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland. Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale. Dessau-Roßlau, 2010

schaftliche Leistungsfähigkeit bilden. Beide Wege wird man bei der derzeitigen Lage der öffentlichen Haushalte und angesichts der Schuldenbremse nicht mehr parallel beschreiten können. Insofern werden Richtungsentscheidungen benötigt.

Offene Fragen, die derzeit noch nicht befriedigend beantwortet werden können, sind die klimaschutzgerechte Gestaltung der Güter- und Schwerlastverkehre, die Perspektiven eines postfossilen Verkehrs im ländlichen Raum und einer wirksamen CO₂- Minderung der Personenfernverkehre (über 50 Kilometer).

11 Exkurs: Langfristige CO₂-Minderungskonzepte im Stadtverkehr

Auf kommunaler Ebene entstehen aktuell eine Reihe langfristiger klimaschutzorientierter Stadtverkehrsszenarien. Bevor ein Vergleich von Verkehrsentwicklungsszenarien mit dem Ziel des Klimaschutzes und des Ausstiegs aus der Nutzung fossiler Treibstoffe auf Bundesebene gezogen wird, sollen hier zunächst die Lösungsansätze aus Tübingen 2030, München 2058 und Wuppertal 2050 skizziert werden. Sie konkretisieren und verdeutlichen als exemplarische Fallstudien die Klimaschutz-Verkehrsszenarien für ganz Deutschland und zeigen richtungs- und größenordnungssicher, dass in diesen drei Städten die Treibhausgasemissionen des städtischen Personenverkehrs so weit verringert werden können, dass die Klimaschutzziele erreicht werden können.

11.1 Tübingen 2030

Für Tübingen (85.000 Einwohner) wurden vom Institut für Mobilität & Verkehr (imove) der TU Kaiserslautern im Auftrag der Stadt Tübingen für den Zielhorizont 2030 ein „Business as usual-Szenario“ (BAU) und als Zielszenario ein „Nachhaltigkeits-Szenario“ (NH) zum städtischen Personenverkehr entwickelt (Verursacherprinzip). Das BAU-Szenario erwartet, dass trotz steigender Wegelängen und mehr Pkw-Verkehr durch technische Effizienzsteigerungen der Fahrzeugflotte die CO₂-Emissionen im städtischen Personenverkehr bis 2030 um 25 % gegenüber dem Basisjahr 2008 zurückgehen. Im NH-Szenario werden zusätzlich 14 Maßnahmenpakete in den vier Handlungsfeldern Siedlungsentwicklung, ÖPNV und Multimodalität, Stadtraum und Verkehr sowie Mobilitätsmanagement im Dialog mit lokalen Stakeholdern entwickelt und mit einem Verkehrsmodell zur Abschätzung der CO₂-Minderungspotenziale verknüpft. Das NH-Szenario erwartet, dass dadurch die Länge der Wege der Tübinger um 10 % sinkt und der Wegeanteil des Pkw-Verkehrs um 10 % zu Gunsten des Umweltverbundes zurückgeht. Dann würden die CO₂-Emissionen im Verkehr in Tübingen bis 2030 im Vergleich zum Jahr 2008 etwa halbiert (-52,4 %).

11.2 Wuppertal 2050

Für Wuppertal (350.000 Einwohner) wurden in einem Eigenforschungsprojekt am Wuppertal Institut zwei Backcastingszenarien zum städtischen Personenverkehr mit dem Zielhorizont 2050 entwickelt (Verursacherprinzip). In diesen „Szenarien des Erforderlichen“ wurde untersucht, in welchen Größenordnungen die Strategien „Verkehrseinsparung bei der Gestaltung des demografischen Wandels, Verkehrsvermeidung, Verkehrsverlagerung und Verbesserung der Fahrzeugeffizienz“ verfolgt werden müssen, um angemessen zum Klimaschutz beizutragen. Die Verkehrsverlagerung vom motorisierten Individualverkehr (MIV) auf die Verkehrsmittel des Umweltverbundes (Fuß, Rad, ÖPNV) ist dafür das zentrale Handlungsfeld: im -80 % CO₂-Szenario würde der heutige Wegeanteil des MIV (51 %) zu Gunsten des Umweltverbundes halbiert. Im Ergebnis erscheinen die notwendigen Anstrengungen für das -80 % CO₂-Szenario sehr ambitioniert, aber machbar. Die CO₂-Emissionen des städtischen Personenverkehrs in Wuppertal würden bis 2050 um absolut 85 % reduziert werden bzw. um 78 % pro Kopf im Vergleich zum Basisjahr 1990. Für ein -95 % CO₂-Szenario (2050 zu 1990) wären dagegen

extreme, bisher schwer vorstellbare Schritte erforderlich: Wuppertal müsste zu einer autofreien Stadt entwickelt werden, wobei der Stadtverkehr alleine im Umweltverbund und zwar mit einem höchst effizienten ÖPNV gestaltet wird.

11.3 München 2058

Für München (1,3 Mio. Einwohner) wurden vom Wuppertal Institut im Auftrag der Siemens AG für den Zielhorizont 2058 ein Referenz-Szenario und zwei Backcastingszenarien für den städtischen Personen- und Güterverkehr entwickelt (Verursacherprinzip). Das Szenario „Brücke“ geht im Personenverkehr von hocheffizienter Fahrzeugtechnik (Verbrennungsmotoren, Elektromobilität, Biokraftstoffe) beim MIV und im ÖPNV aus. Dann würden die CO₂-Emissionen im Verkehr bis 2058 im Vergleich zum Basisjahr 2008 um 33 % sinken im Vergleich zum Basisjahr 2008 bzw. um 42 %, wenn der gesamte Strombedarf im Verkehr auf regenerativer Basis erzeugt würde. Das Szenario „Ziel“ nimmt zusätzlich an: „erkennbare Effekte einer wirksamen Verkehrsvermeidung, ein merklicher modal shift vom MIV zum Umweltverbund sowie eine starke Förderung elektrischer PKW.“ Dann würden die CO₂-Emissionen im Verkehr im Zeitraum 2008 bis 2058 um –52 % sinken.

11.4 Bereits realisierte Beispiele

Insgesamt stellt sich die Frage, ob die Minderungsziele völlig utopisch und nicht zu erreichen sind. Die nachfolgenden Beispiele machen deutlich, dass gesetzten Minderungsziele von beispielhaften Städten bereits erreicht worden sind.

In Stockholm wird mit einem Bevölkerungszuwachs von 15 – 30 % vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2030 gerechnet.

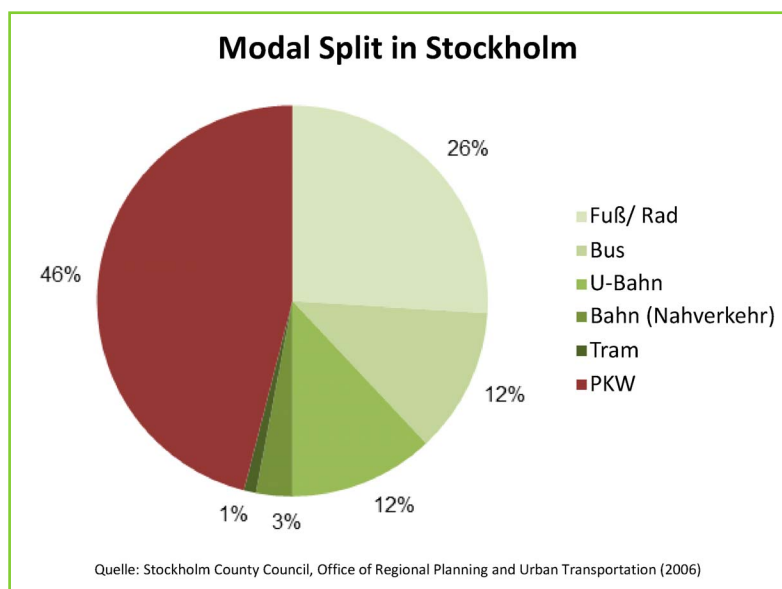


Bild 57: Modal Split in Stockholm (Anzahl der Wege)

Im Modal Split erreicht der Umweltverbund einen Anteil von 54 %. Der hohe Fuß-/Radweegeanteil fällt mit 26 % besonders auf. Im ÖPNV wurden hohe Investitionen in neue Fahrzeuge und Bauwerke sowie den Netzausbau getätigt. Die Städtische Flotte wird

bereits zu 50 % mit erneuerbaren Energien angetrieben, die innerstädtische Busflotte fährt zu 100 % aus erneuerbaren Energien. Durch Anreizprogramme soll der Anteil von „clean vehicles“ erhöht werden.¹⁷⁷⁾

Das Verkehrssystem in **Amsterdam** ist durch Kanäle, Fußgängerzonen und Radwege gekennzeichnet. Der Fuß- und Radanteil liegt bei 24 % bzw. 30 %. Im ÖPNV werden 18 % aller Wege zurückgelegt. Der verbleibende PKW-Anteil liegt bei nur 28 %. Der Umweltverbund soll durch weitere Maßnahmen wie die Ausweisung verkehrsberuhigter Bereiche und separater Spuren für den Radverkehr geschaffen werden. Daneben gibt es Angebote elektrisch betriebener Fahrzeuge im Car- und BikeSharing.

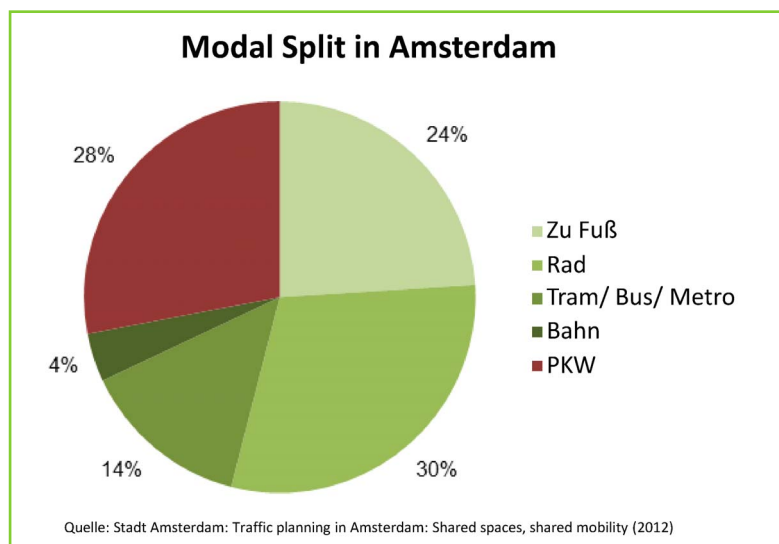


Bild 58: Modal Split in Amsterdam (Anzahl der Wege)

Kopenhagen verfügt über ein hochwertiges ÖPNV-System. So sind Haltestellen in den meisten Fällen mit einer maximalen Fußwegedistanz von 360 Metern erreichbar.¹⁷⁸⁾

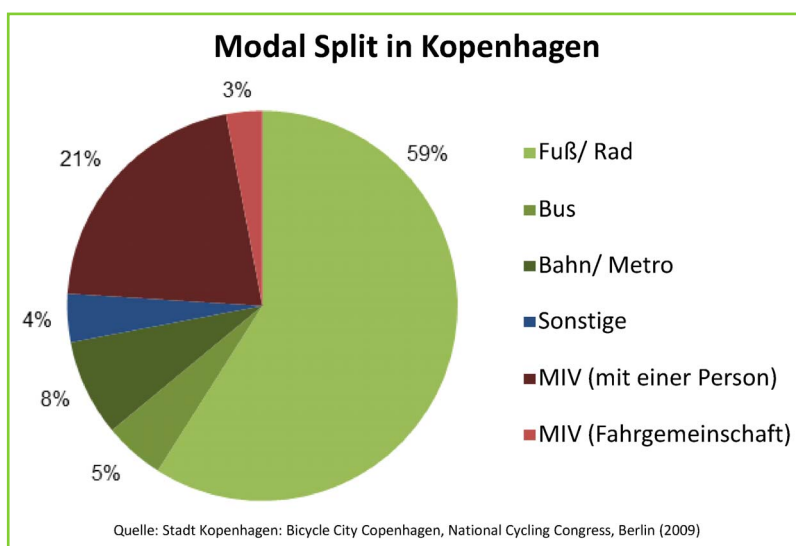


Bild 59: Modal Split in Kopenhagen (Anzahl der Wege)

177) Stockholm County Council, Office of Regional Planning and Urban Transportation: "Transport planning in the Stockholm Region", Int. Workshop Moskau (2006)

178) SIEMENS, „European Green City Index“, München (2009)

Der Fuß- und Radanteil liegt bei 59 %. Daher soll der Umweltverbund weiter gestärkt und der MIV mit weiteren Restriktionen versehen werden. Dazu zählen die Ausweisung von Parkzonen, Low-Emission-Zonen, Mautzonen und LKW-Verbote im Innenstadtbereich, Anpassung und Neubau von Verkehrsanlagen zugunsten des Radverkehrs, grüne Welle für Radfahrer sowie städtebauliche Projekte.¹⁷⁹⁾

Die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Erreichung der CO₂-Minderungsziele sind also nicht völlig unrealistisch, sondern bei entsprechend hohem politischem Willen durchaus zu erreichen.¹⁸⁰⁾

11.5 Erkenntnisse aus den klimaschutzorientierten Verkehrskonzepten auf kommunaler Ebene

Die Szenarien Tübingen 2030, München 2058 und Wuppertal 2050 zeigen richtungs- und größenordnungssicher, dass die Großaufgabe „Klimaschonender Stadtverkehr“ vorstellbar ist. Durch eine konsequente Umsetzung des durchaus bekannten Maßnahmenrepertoires können deutliche CO₂-Minderungsbeiträge im städtischen Personenverkehr erzielt werden. Dafür gilt es, schnell und angemessen zu handeln. Es kommt auf ein integriertes Zusammenwirken der verschiedenen Teilstrategien „Verkehrsvermeidung“, „Verkehrsverlagerung vom MIV zum Umweltverbund“ und „Verbesserungen der Fahrzeugtechnik“ an. Sogar das 80 %-Szenario für Wuppertal 2050 erscheint dann zwar sehr ambitioniert, aber machbar. Das 95 %-Szenario für Wuppertal 2050 erscheint aus heutiger Sicht demgegenüber sehr viel schwerer realisierbar. Es macht die Umrise einer ganz anderen, nämlich autofreien Stadt sichtbar und wirft noch deutlich schärfer als das 80 %- Szenario fundamentale Fragen zu den Systemübergängen und Implementierung auf.

179) Stadt Kopenhagen: „Bicycle City Kopenhagen“, National Cycling Congress Berlin (2009)

180) Eine differenzierte Betrachtung von möglichen Einflussgrößen (Kostenstrukturen, Topographie etc.) stellt ein eigenes Forschungsfeld dar und kann an dieser Stelle nicht geleistet werden.

12 Exkurs: Bau und Betrieb von Straßen

Bei der Betrachtung der Entwicklung des Verkehrssystems sind neben den verkehrspolnerischen Gesichtspunkten auch technische Aspekte aus Bau und Betrieb der Verkehrswege zu betrachten. Bislang werden Entwicklungen im Straßenbau und -betrieb vorwiegend durch das Ziel der Effizienzsteigerung v.a. zur Kosteneinsparung vorangetrieben. Mit Blick auf die kommenden Anforderungen aus Klimaschutz und postfossilem Zeitalter werden voraussichtlich zusätzliche Anstrengungen erforderlich.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat die Herausforderungen, die sich im Zusammenhang mit der Zukunftsfähigkeit des Systems Straße zeigen, in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) bereits aufgenommen und in dem Forschungsprogramm „Straße im 21. Jahrhundert – innovativer Straßenbau in Deutschland“ aufgeführt.¹⁸¹⁾ Mit dem Forschungsprogramm soll die Straße funktional weiterentwickelt werden und im Sinne einer nachhaltigen Mobilität sicherer, wirtschaftlicher, effizienter und verlässlicher werden sowie innovative Nutzungen ermöglichen. Die Anforderungen an das System Straße werden mit dem Programm in einem ganzheitlichen Ansatz berücksichtigt.

Die Fragen des postfossilen Verkehrs und des Klimaschutzes werden vor allem unter den thematischen Programmschwerpunkten „Die energiesparende“, „die emissionsarme“ und „die nachhaltige Straße“ aufgegriffen. Einige Aspekte zu diesem Themengebieten werden nachfolgend vor allem im Kontext der Umweltwirkungen von und an Straßen vorgestellt.

Energieeinsatz bei Straßenbau und -erhaltung

Der Energieeinsatz, den ein Baustoff in seinem Lebenszyklus zur Herstellung, zum Einbau, für die Erhaltung und bei der Entsorgung bzw. Recycling benötigt, und die damit einhergehenden Emissionen wurden unter dem Stichwort „Ökobilanzierung“ für den Straßenbau aufgegriffen. Für die unterschiedlichen Baustoffe gibt es dazu bereits einige Auswertungen. Eine Vergleichbarkeit der Studien wird allerdings erschwert, da die Berechnungen häufig auf konkreten Beispielen basieren und unterschiedliche Parameter und Software- und Datenbankunterstützungen zu den Baustoffen nutzen. Zudem unterliegt die Auswertung jeweils ausgeprägten wirtschaftlichen Interessen. Zur Diskussion stehen dabei von der anzunehmenden Referenzlebensdauer bis hin zur Beurteilung des End-Of-Life-Szenarios sehr viele Randbedingungen. Die nachfolgende Tabelle 17 zeigt eine Auswertung von Ökobilanzdaten hinsichtlich eines 1 km Autobahnabschnittes mit RQ 31 für einen vergleichbaren 85 cm frostsicheren Oberbau in Asphalt und Beton (CEM I), die den Ergebnisunterschied deutlich machen soll.

¹⁸¹⁾ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Straße im 21. Jahrhundert – Innovativer Straßenbau in Deutschland. Veröffentlicht unter: <http://www.bmvbs.de/cae/servlet/content-blob/92638/publicationFile/64428/220-strasse-im-21-jahrhundert.pdf>, Überprüfungsdatum: 05.02.2013

Tabelle 17: Ökobilanzen für einen 1 km langen Autobahnabschnitt

	Holldorb [2009] ¹⁸²⁾		Milachowski [2010] ¹⁸³⁾	
Benutzungsdauer	50 Jahre		30 Jahre	
Bau	t CO₂E		t CO₂E	
Asphaltoberbau	1107,3		1694,6	
Betonoberbau	1947,0		2710,3	
Erhaltung	t CO₂E	% Bau	t CO₂E	% Bau
Asphaltoberbau	841,5	76,0 %	944,1	55,7 %
Betonoberbau	1.529,3	78,5 %	605,2	2,2 %
Bau+Erhaltung	t CO₂E/50 a		t CO₂E/30 a	
Asphaltoberbau	1948,8		2638,7	
Betonoberbau	3476,3		3315,5	

Die Asphaltindustrie ist derzeit bestrebt, auch für Deutschland einen CO₂-Kalkulator zur Berechnung des Carbon Footprint einer beliebigen Asphaltstraße zu schaffen, wie es sie in mehreren Ländern bereits gibt (z. B. Frankreich¹⁸⁴⁾ oder UK¹⁸⁵⁾). Diese Kalkulatoren arbeiten mit Öko-Datenbanken, die die jeweilige nationale Situation berücksichtigen und in der Regel von unabhängigen Institutionen betrieben und gewartet werden. In anderen Ländern (z. B. Niederlande¹⁸⁶⁾ oder Japan¹⁸⁷⁾) ist die CO₂-Emission (auch genannt Carbon Footprint) Teil einer Nachhaltigkeitsbetrachtung oder -bewertung und damit bei letzterer auch zum Teil Vergabekriterium (z. B. Niederlande).¹⁸⁸⁾

Weiterentwicklungen hinsichtlich energie- und ressourcensparender Bauweisen könnten dadurch in der Zukunft eine größere Rolle spielen. Hier wird ein Anreiz benötigt, der diese Entwicklung unterstützt, denn den Kosteneinsparungen, die durch die Energieeinsparung erzeugt werden können, stehen zumeist erhöhten Kosten für die benötigten Zusätze gegenüber, was in Summe meist zu einer Verteuerung der Herstellung bzw. des Einbaus führt. In der Studie von Milachowski ergibt sich zum Beispiel durch den Einsatz von unterschiedlichem Zement eine Reduzierung der Treibhausgase bei der Herstellung der Fahrbahn um bis zu 20 %, die Verwendung von Recyclingmaterial ermöglicht eine Einsparung der Treibhausgase von ca. 12 %.¹⁸³⁾

Gleichwohl sind die auf Herstellung und Erhaltung der Fahrbahn zurückzuführenden Emissionen bei weitem geringer als die verkehrsbedingten Emissionen. Für den der Ökobilanz (vgl. Tabelle 17) zugrunde gelegten Regelquerschnitt RQ 31 lassen sich die Treibhausgasemissionen des Verkehrs mit Hilfe der im Handbuch Emissionsfaktoren

182) Holldorb, C.; Mayer, T.: Ökopprofil für Asphalt- und Betonbauweisen von Fahrbahnen, Hochschule Biberach, Biberach, 2009

183) Milachowski, C.: Erstellung einer Ökobilanz für die Herstellung und Nutzung eines Autobahnabschnitts (Forschungsbericht Nr.: 20-F-0068). Technische Universität München Centrum Baustoffe und Materialprüfung, München, 2010

184) SEVE, www.seve-tp.com (Zugriff 19. 08. 2013)

185) asPECT, www.sustainabilityofhighways.org.uk (Zugriff 19. 08. 2013)

186) DuBoCalc, ausführlich in Niederländisch unter: www.rws.nl/zakelijk/duurzaam/duurzaam_inkopen/duurzaamheid_bij_contracten_en_aanbestedingen/dubocalc/index.aspx (Zugriff 21. 08. 2013) Oder kurz in Englisch unter: www.rws.nl/en/help/zoeken.aspx?query=dubocalc&zoek=Search (Zugriff 21. 08. 2013)

187) National Institute for Land and Infrastructure Management (Japan): Handbook on Calculating Carbon Dioxide Emissions for Infrastructure Life Cycles (Ver. 0.4), 2013

188) Näheres siehe: Els, Heinrich, Carbon Footprint – Ein Vergabekriterium von morgen? FGSV-Asphaltstraßentagung 2013, Mai 2013 Düsseldorf, Tagungsband

des Straßenverkehrs (HBEFA)¹⁸⁹⁾ hinterlegten Emissionsfaktoren abschätzen. Die Aggregation verschiedener Verkehrssituationen (Verkehrsdichten und Fahrzeuggeschwindigkeiten) und verschiedener Längsneigungen führt zu einem Ansatz für die Emission typischer Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O)¹⁹⁰⁾ pro Fahrzeug und km. Multipliziert mit der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke auf Autobahnen¹⁹¹⁾ übersteigen bereits die jährlichen Treibhausgasemissionen des Verkehrs von ca. 4.500 t CO₂E die gesamten durch Bau und Erhaltung des Oberbaus entstehenden Emissionen. Für die dem Regelquerschnitt nach RAA zugeordnete Verkehrsstärke von 70.000 – 103.000 Kfz/24 h errechnen sich unter Annahme des gleichen Schwerverkehrsanteils im Mittel sogar 7.900 t-CO₂E jährlich. Während der Nutzungsdauer eines Autobahnabschnittes entsteht damit in diesem Beispiel verkehrsseitig gegenüber der Herstellung und Erhaltung der Fahrbahn etwa die 100-fache Menge an Treibhausgasen.

Infrastruktureinfluss auf Verkehrsemissionen

Neben dem Verkehr an sich haben auch die Anlage und die Ausführung der Verkehrswege Einfluss auf die Verkehrsemissionen. Beispielsweise beeinflusst die Reifen-Fahrbahn-Interaktion den Treibstoffverbrauch der Fahrzeuge und damit auch die Verkehrsemissionen. In der internationalen Literatur ist von einem Potenzial zur Treibstoffeinsparung durch Optimierung der Oberflächentextur und Eliminierung von Unebenheiten von bis zu 10 % die Rede (Tabelle 18).¹⁸³⁾

Tabelle 18: Einfluss der Fahrbahneigenschaften auf den Treibstoffverbrauch¹⁸³⁾

	Einsparpotenzial Treibstoff
Oberflächentextur	5...10 % im Mittel
Unebenheit (obere Makro- und Megatextur)	6 % bei Lkw 9 % im Mittel 5 % bei Pkw

Der Einfluss der Längsneigung auf die Verkehrsemissionen wird im HBEFA dargestellt. Für Pkw sind die Auswirkungen eher gering, beim Schwerverkehr jedoch erhöhen sich die Treibhausgasemissionen für große Längsneigungen drastisch: Im Vergleich zu einer ebenen Trassierung nehmen die Emissionen bezogen auf beide Richtungen bei Längsneigungen größer 6 %, das heißt +6 % in der einen und –6 % in der anderen Richtung, um etwa 143 % zu. Für Autobahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung fasst Tabelle 19 die Treibhausgasemissionen¹⁹⁰⁾ im freien Verkehrsfluss für unterschiedliche Längsneigungen bezogen auf das Jahr 2010 zusammen.¹⁸⁹⁾

Tabelle 19: Treibhausgasemissionen verschiedener Längsneigungen auf Autobahnen (beide Fahrtrichtungen kombiniert) im freien Verkehrsfluss¹⁸⁹⁾

	0 %	±2 %		±4 %		±6 %	
	g/km	g/km	Abw.	g/km	Abw.	g/km	Abw.
Personenkraftwagen	207,7	209,1	+0,6 %	211,2	+1,6 %	211,6	+1,8 %
Schwere Nutzfahrzeuge	602,8	738,5	+22,5 %	1085,4	+80,1 %	1467,5	+143,4 %

189) Aus INFRAS AG: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA 3.1, Bern, 2010

190) Treibhausgase CO₂(rep.), N₂O und CH₄ in CO₂-Äquivalent (CO₂E) aus HBEFA¹⁸⁹⁾ für das Bezugsjahr 2010

191) Fitschen, A.; Nordmann, H.: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2009. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 205, Veröffentlicht: http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2012/342/pdf/V205_Teil_1.pdf, Überprüfungsdatum: 05.02.2013

Während der Nutzungsdauer eines Verkehrswegs fallen Instandhaltungsaufgaben an und werden Erhaltungsmaßnahmen erforderlich. Die durch Baumaßnahmen und Straßenbetriebsdienst entstehenden Verkehrsbeeinträchtigungen führen zu erhöhten Verkehrsemissionen. Die Tabelle 20 zeigt beispielhaft die Emissionen im Stop&Go-Verkehr und die prozentuale Veränderung gegenüber dem freien Verkehrsfluss in der Tabelle 19.

Tabelle 20: Treibhausgasemissionen verschiedener Längsneigungen auf Autobahnen (beide Fahrtrichtungen kombiniert) im Stop&Go¹⁸⁹⁾

	0 %		±2 %		±4 %		±6 %	
	g/km	Abw.	g/km	Abw.	g/km	Abw.	g/km	Abw.
Personenkraftwagen	250,4	20,6 %	255,7	22,3 %	262,8	24,4 %	271,9	28,5 %
Schwere Nutzfahrzeuge	1302,2	116,0 %	1361,5	84,4 %	1538,7	41,8 %	1801,2	22,7 %

Stop&Go-Verkehr erhöht demnach die Emissionen des Pkw-Verkehrs auf Autobahnen um 20 % bis 28,5 %. Für andere Straßenkategorien ist die Differenz zwischen freiem Verkehrsfluss und Stop&Go-Verkehr deutlich höher, da der durchschnittliche Treibstoffverbrauch bei niedrigeren Geschwindigkeiten geringer ist. Schwerverkehrs-Emissionen steigen bei Stop&Go-Verkehr nochmals gravierender. Im vorgestellten Beispiel resultiert unter Umständen mehr als die doppelte Menge an Emissionen. Diese Zusammenhänge sollten bei der Planung von Maßnahmen berücksichtigt werden, ebenso wie die Auswirkungen möglicher Umwege durch Umleitungen.

Mit dem Ziel einer ganzheitlichen Bewertung wurde in der BAST eine Arbeitsgruppe „Infrastrukturbawerke“ etabliert. Die Arbeitsgruppe entwickelt – unterstützt durch verschiedene Forschungsvorhaben – Bewertungsverfahren und -kriterien und ermittelt in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung eine geeignete Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsaspekte in Vergabeverfahren. Als vorhandene Grundlage stützte man sich zunächst auf die Nachhaltigkeitszertifizierung, die für den Hochbau erarbeitet worden ist. Die Ausrichtung für den Verkehrswegebau zielt jedoch nicht auf eine Zertifizierung fertiger Bauwerke, sondern auf den relativen Vergleich verschiedener Varianten hinsichtlich ihrer ökologischen, ökonomischen und sozio-kulturellen Wirkung. Die Forschungsprojekte beschäftigen sich mit der Konzeption, Pilotstudien, dem Thema Ausschreibung und den Nachhaltigkeitsaspekten der Teilgebiete Strecke bzw. Straße, Tunnel und Brücke. Dabei werden u. a. technische Aspekte in die Bewertung einbezogen, die Einfluss auf den Lebenszyklus und damit auch die Nachhaltigkeit haben.

Unabhängig von ihrem Einfluss auf die Verkehrsemissionen kann die Infrastruktur auch genutzt werden, um – vorwiegend verkehrsbedingte – Schadstoffe abzubauen und so die Immissionsbelastungen zu reduzieren. Stickstoffdioxid kann durch Photokatalyse, also durch den Einsatz eines Katalysators in Verbindung mit (UV-)Licht zu weit weniger toxischem und besser handhabbarem Nitrat abgebaut werden. Fahrbahnen, Lärmschutzwände oder andere Bauwerke können dabei als Träger des Katalysators dienen. Erste Laboruntersuchungen zeigen für mit Titandioxid versetzte Baustoffe und damit beschichtete Bauteile eine hohe Wirksamkeit. Die BAST untersucht derzeit die Wirkung von Titandioxid in der Praxis, um belastbare Annahmen zum realen Schadstoffabbau formulieren zu können. Weiterhin wurde nachgewiesen, dass offenporige Fahrbahnoberflächen und geeignet gestaltete bzw. bepflanzte Straßenseitenräume Feinstaub zurückhalten können. Im Falle der offenporigen Oberflächen geht dies jedoch ohne weitere

Pflege mit zunehmendem Verlust anderer Eigenschaften wie z. B. der geräuschmindernden Wirkung einher, da der Staub genau die offenporigen Flächen mit der Zeit zusetzt. Beide Beispiele – Stickoxidabbau durch Photokatalyse wie Feinstaubminderung durch offenporige Oberflächen – belegen, dass die Infrastruktur jeweils mehrere Funktionen annehmen kann und letztlich die Wahl der Ausführung nach einer integralen Betrachtung fallen sollte.

Nachhaltige Flächennutzung

Neben der Minimierung des Energieverbrauchs bei Bau, Erhaltung, Betrieb und Nutzung von Straßen können die Straße und ihre Nebenanlagen auch zur Energieerzeugung bzw. -bereitstellung dienen. Eine Möglichkeit ist die Nutzung von Flächen, wie Lärmschutzwänden, -wällen und Einhausungen, für die photovoltaische Stromerzeugung.

Untersuchungen haben belegt, dass sämtliche technischen Anforderungen wie schalltechnische Eigenschaften der Photovoltaikmodule (absorbierend oder reflektierend), Integration der Photovoltaikmodule in die funktionalen Bauwerke, Anordnung der Module zum maximalen Stromertrag oder elektrische Schaltung konstruktiv beherrscht werden und anforderungsgerechte Lösungen geschaffen werden. Erste Versuche waren noch davon geprägt, dass Lärmschutzwände oder -wälle die Trägerkonstruktion für aufgesetzte Photovoltaikmodule darstellen können und somit die Kosten für die Aufstellung der Module reduziert werden können. Inzwischen ist es möglich, Photovoltaikmodule als integrierten Bestandteil der Lärmschutzeinrichtung einzusetzen und diesen auch eine lärmschützende oder -lenkende Wirkung zuzuschreiben.

Der weiteren Verbreitung von photovoltaischer Energieerzeugung an der Straße stehen also nicht technische, sondern eher organisatorische oder rechtliche Gründe im Wege: Die Verantwortung für Investition, Betrieb und Instandhaltung bis hin zum Rückbau muss zwischen Kraftwerksbetreiber und Straßenbauverwaltung aufgeteilt und vereinbart werden. Nach den Immissionsschutzgesetzen besteht für die Straßenbauverwaltung die Verpflichtung zum Bau von Lärmschutzeinrichtungen, wenn Immissionsgrenzwerte durch den Straßenverkehr überschritten werden. Dieser Pflicht kann nicht mit von den Stromkunden zweckgebunden refinanzierten Fördermitteln nach dem Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) nachgekommen werden, die Straßenbauverwaltung kann daher auch nicht selbst als Betreiber eines Photovoltaik-Kraftwerks auftreten.

Gegenwärtig wird ein Photovoltaik-Kataster der Bundesfernstraßen und -autobahnen erstellt, mit dessen Hilfe Interessenten den potentiellen Ertrag einer in Verbindung mit vorhandenen oder zu planenden Lärmschutzeinrichtungen vorzusehenden, virtuellen Photovoltaikanlage ermitteln können und die Qualität einer möglichen Investition einschätzen können.

Im Zusammenhang mit der weiteren Verbreitung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen wird der regenerativen Energieerzeugung weitere Bedeutung zukommen, da nur auf diese Weise eine nahezu klimaneutrale Versorgung der Fahrzeuge darstellbar ist. Dabei ist dann sicher auch zu prüfen, ob die Infrastruktur der Straße und ihrer Nebenanlagen neben der Energieerzeugung auch für die Energieversorgung von Elektrofahrzeugen z. B. mit Ladestationen an Rastanlagen oder besonderen Fahrwegen mit induktiven Ladeeinrichtungen ertüchtigt werden kann.

Eine weitere Möglichkeit der nachhaltigen Flächennutzung besteht in der Geothermie bzw. der Wärmespeicherung. Bauwerksgründungen können mit geothermischer Nutzung kombiniert werden. Mit der gewonnenen Energie können die Temperaturdifferenzen im Straßenoberbau oder im Brückenüberbau reduziert werden, wodurch die Bauwerke selbst weniger beansprucht werden und auch die Verkehrssicherheit erhöht werden kann.

Darüber hinaus können weitere Überlegungen zur „temperierten Straße“ angestellt werden. Durch die Erwärmung des Straßenoberbaus durch die Sonneneinstrahlung entsteht thermische Energie, für die über mögliche Speichertechniken innerhalb und außerhalb der Straße nachgedacht werden sollte.

Nachhaltiger Einsatz der Baustoffe

Die umfassende und effiziente Nutzung unserer einheimischen Rohstoffe ist eine volkswirtschaftlich notwendige Herausforderung, der wir uns auch in den kommenden Jahren stellen sollten. Als Ausgangsstoff für die Zementherstellung können Kalksteinvorkommen künftig weit über 100 Jahre abgebaut werden. Ein Optimierungspotenzial liegt hier in der Reduzierung des Energieeinsatzes, die durch den verstärkten Einsatz von Sekundärbrennstoffen bei der Klinkerherstellung, den weiteren Einsatz von Kompositzementen (z. B. hüttensandhaltiger Zemente) und der Optimierung der Mahlprozesse erzielt werden kann.

Demgegenüber steht die Knappheit bzw. auch die Endlichkeit des Bindemittels Bitumen aus dem Rohstoff Öl. Der Bitumenpreis ist aufgrund der beschränkten Raffineriekapazitäten stark gestiegen, so dass der Kostenanteil des Bitumens in der Tonne Asphalt nun bis zu 50 % beträgt – bei einem Mengenanteil von nur ca. 5 %. Eine Lösungsstrategie ist die verstärkte Wiederverwendung von Ausbauasphalt, das heißt höhere Wiederverwendungsraten und zielgerichtete Gewinnung der einzelnen Schichten bei Wiederverwendung in den einzelnen Schichten (also z. B. die Asphaltdeckschicht getrennt aufnehmen und wiederverwenden in einer neuen Asphaltdeckschicht).

Ein weiterer Schritt in diese Richtung sind sogenannte Verjüngungsmittel. Besonders bei der Wiederverwendung von Ausbauasphalt, der selbst schon mit Ausbauasphalt hergestellt wurde („Recycling 2.0“) kann das Bindemittel schon sehr hart geworden und damit für die herkömmlichen Verfahren unbrauchbar geworden sein. Mit bestimmten Stoffen (zum Teil aus nachwachsenden Rohstoffen) kann man das Bitumen aber wieder „verjüngen“ oder „weicher“ und damit wieder klebe- und verarbeitungsfähig machen. Diese Mittel werden derzeit intensiv untersucht, ein flächendeckender Einsatz braucht jedoch noch Zeit.

Problematik bei Weiterentwicklungen in der Bautechnik

Die Ausführung von Innovationen wird jedoch durch die mit dem Regelwerk abgestimmten Ausschreibungen und technischen Vertragsbedingungen gehemmt. Die Vertragspartner (Bauherr und Baufirmen bzw. Lieferanten) müssten das Risiko von Gewährleistungsansprüchen auf sich nehmen. Ziel muss es sein, diese Hürde zu nehmen, indem Versuchsstrecken mit Sondervorschlägen und Neuerungen akzeptiert und von beiden Seiten miteinander begleitet werden. Für die Zukunft ist der Aspekt der Nachhaltigkeit auch im Verkehrswegebau nicht zu vernachlässigen.

13 Exkurs: Telematik

Das Kunstwort Telematik ist aus den Begriffen Telekommunikation und Informatik zusammengesetzt.¹⁹²⁾ Die Verknüpfung und Bereitstellung von Informationen zum Verkehrsangebot – auch intermodal – sowie zur aktuellen Verkehrslage (Verspätung, Störungen, Umleitungsempfehlungen), zu Logistikabläufen und zum Fuhrparkmanagement führt zur Optimierung von Prozessen. Eine verkürzte Fahrzeit, verminderte Fahrleistungen und eine bessere Auslastung erhöhen die Effizienz von Verkehrsmitteln und reduzieren somit den Energieeinsatz und die CO₂-Emissionen.

Telematische Systeme lenken Verkehrsabläufe im Schienenverkehr, verbessern den Verkehrsfluss auf Straßen im Individual- und Güterverkehr auf Autobahnen und innerhalb von Ballungsgebieten sowie beim Zusammenspiel des Öffentlichen Nahverkehrs und weiterer Verkehrsträger. Einsatzgebiete der Verkehrstelematik sind auch die Organisation von Logistikabläufen im Güterverkehr beim Zusammenwirken verschiedener Verkehrsträger wie Schiffsverkehr, Transport auf Schienen, Straßen und im Luftverkehr.

Zukünftig werden Daten und Informationen gezielt im Mobilitätsdaten Marktplatz¹⁹³⁾ des Bundesministeriums für Verkehr gebündelt und miteinander verknüpft, um langfristig eine Datengrundlage zu schaffen, die es Nutzern ermöglichen soll, zeit- und kosteneffizient mobil zu sein. Schnittstellen zwischen Verkehrsträgern können besser auf die Bedürfnisse des Einzelnen abgestimmt werden.

Verkehrsabläufe auf Bundesautobahnen

Ein Anwendungsbereich sind beispielsweise rechnergesteuerte Verkehrsbeeinflussungsanlagen. In Verkehrszentralen werden straßenseitig erfasste Daten zum aktuellen Verkehrsgeschehen gesammelt und aufbereitet. Auf dieser Grundlage können Verkehrsbeeinflussungsanlagen gezielt zur Vermeidung von Staus und zur Vermeidung schwerer Unfälle im Fernverkehr eingesetzt werden. Die temporäre Freigabe von Seitenstreifen in Zeiten hohen Verkehrsaufkommens ist eine Anwendung, die beispielsweise verdeutlicht, wie durch intelligente Systeme die Nutzung des vorhandenen Verkehrsraumes optimiert werden kann.

Innerstädtische Verkehrsabläufe

Integrierte Verkehrsleiteinrichtungen oder Verkehrszentralen gibt es in mehreren großen Städten, beispielsweise in München, Frankfurt, Potsdam, Berlin und Hamburg. Die klassischen Aufgaben solcher Verkehrsleitzentralen ist die Steuerung und Überwachung der Lichtsignalanlagen, der Verkehrswarndienst und die Beobachtung des Verkehrs mit entsprechender Verkehrslenkung. Inzwischen werden in den Verkehrsleitzentralen Umweltinformationen gebündelt und mit den verkehrlichen Gegebenheiten in Einklang gebracht. Im Rahmen der EU-Richtlinien zur Luftreinhaltung und in Zukunft auch zur Lärminderung sind Aktionspläne umzusetzen, die die Verkehrsbeeinflussung als einen wichtigen Lösungsparameter sehen. Darüber hinaus ist das Abstimmen verschiedener Verkehrsträger, insbesondere bei Großveranstaltungen von besonderer Bedeutung geworden.

¹⁹²⁾ Schmidt-Clausen, Riclef (2004): Verkehrstelematik im internationalen Bereich, S. 19

¹⁹³⁾ Bundesanstalt für Straßenwesen (2013): <http://www.mdm-portal.de/13.05.2013>

Logistik

In der Transportwirtschaft werden unter dem Begriff Telematik hauptsächlich Lösungen für die Transportplanung, die Auftragsabwicklung, das Flottenmanagement, die Verfolgung von Sendungen sowie die technische Fahrzeugüberwachung verstanden. Im Zentrum stehen dabei die Kommunikation sowie der Informations- und Datenaustausch zwischen Fahrzeugen und Dispositionszentrale.¹⁹⁴⁾

Durch den Einsatz telematischer Systeme kann eine Reduktion des CO₂-Ausstosses um 2 bis 10 % in Deutschland erzielt werden.¹⁹⁵⁾ Transporte werden durch den Einsatz von Telematik besser ausgelastet, die Anzahl der gefahrenen Kilometer wird vermindert und der Verbrauch von Treibstoff durch eine angepasste Fahrweise reduziert. Hierzu erhalten die Fahrer spezielle Schulungen.

Politische Lenkungsinstrumente zum Klimaschutz sind hierbei die geschaffenen Rahmenbedingungen von Treibstoffsteuern und Maut.

Fuhrpark-Management

Nutzfahrzeughersteller bieten heute Telematik-Lösungen Fuhrpark-Management, Flottensteuerung, Fahrzeugeinsatzanalyse und Wartung an.¹⁹⁶⁾ Damit können der Standort des Fahrzeugs und seine Route sowie fahrzeugrelevante Angaben gemacht werden, die eine rechtzeitige Wartung und Gerätepflege ermöglichen. Über Anzeigen zum Kraftstoffverbrauch, zur Geschwindigkeit sowie zur Drehzahl kann der Fahrzeugführer seine Fahrweise an eine sparsame Fahrweise anpassen.

Arbeitsgeräte und Unterhaltung von Infrastruktur

Darüber hinaus werden telematische Systeme werden auch auf Baustellen eingesetzt, z. B. Walzen mit GPS zur flächendeckenden dynamischen Verdichtungskontrolle oder andere Geräte. Dies ermöglicht eine Optimierung beim Einsatz von Geräten und Betriebsstunden.

Zur Unterhaltung von Infrastruktur kann Prozessoptimierung ebenfalls zur Einsparung von CO₂ führen. Dies erfolgt beispielsweise durch eine Optimierung von gefahrenen Routen bei Winterdienstesätzen und Grünpflege. Bundesweit arbeiten Verwaltungen deshalb an Projekten zur Routenoptimierung. Hierzu gehören auch ein Fuhrparkmanagement sowie eine Effizienzverbesserung von Gebäuden die zur Unterhaltung von Infrastruktur dienen.

194) Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg, <http://www.logistik-bw.de/Telematik.105.0.html>, 12. 05. 2013

195) Baumgarten & Leonardi (2004): Optimierte Disposition und Telematik steigern Effizienz im deutschen SGV. Deutscher Verkehrsverlag 5/2004, S. 197–2000.

196) T-Mobil: http://www.t-mobile.de/business/machinetomachine/m2m-im-einsatz/transport-und-logistik/0,23217,26711-_,00.html?WT.svl=100, 12. 05. 2013



Forschungsgesellschaft
für Straßen- und Verkehrswesen

Geschäftsstelle

An Lyskirchen 14
50676 Köln
Telefon 0 221 9 35 83 0
Telefax 0 221 9 35 83 73
info@fgsv.de
www.fgsv.de

Herstellung und Vertrieb

FGSV Verlag
Wesseling Str. 17 · 50999 Köln
Telefon 0 22 36 38 46 30
Telefax 0 22 36 38 46 40
info@fgsv-verlag.de
www.fgsv-verlag.de