

est!



Dauerhaft umweltgerechter Verkehr

Deutsche Fallstudie zum OECD Projekt
Environmentally Sustainable Transport (EST)

Umweltbundesamt, Berlin

Wuppertalinstitut für Klima, Umwelt und Energie

Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung, Karlsruhe

Berlin, Juli 2001

Dauerhaft umweltgerechter Verkehr

Deutsche Fallstudie zum OECD Projekt
Environmentally Sustainable Transport (EST)

Redaktionelle Überarbeitung: Petra Gunkel

Umweltbundesamt:

Hedwig Verron

Norbert Gorißen

Michael Jäcker-Cüppers

Paul Klippel

Reinhard Kolke

Wulf Hülsmann

Andres Lorenz

Annette Rauterberg-Wulff

Petra Röthke

Heidemarie Wende

Wuppertal Institut:

Andreas Pastowski

Rudolf Petersen

IWW:

Burkhard Schade

Werner Rothengatter

Wolfgang Schade

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG	3
DAS PROJEKT „ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE TRANSPORT“	8
VERKEHR MIT ZUKUNFT EST-KRITERIEN FÜR DIE DEUTSCHE FALLSTUDIE	9
VERKEHR IM JAHR 2030 – DIE SZENARIEN	12
VERKEHRSWENDE BLEIBT AUS – DAS BAU-SZENARIO	12
Der CO ₂ -Ausstoß steigt um 30 Prozent	15
Mehr Lärm von Straße und Schiene	16
Mehr Verkehr verbraucht mehr Fläche	17
DIE DREI EST-SZENARIEN	18
HYPERCARS, TROLLEY-BUSSE UND WASSERSTOFF – DAS TECHNOLOGIE-SZENARIO (EST1)	18
Das 1,5-Liter-Auto	18
Weniger Lärm auf den Straßen	20
VERMEIDEN UND VERLAGERN - DAS VERKEHRSMANAGEMENT-SZENARIO (EST2)	21
Weniger Verkehr allein schafft keine ausreichende Lärminderung	21
BEWUSSTES MOBILITÄTSVERHALTEN UND MODERNE TECHNIK – DAS KOMBINATIONS-SZENARIO (EST3)	22
DIE ERGEBNISSE DER EST-SZENARIEN IM VERGLEICH	23
Die Verkehrsmengen müssen drastisch sinken	23
Ziele beim Lärmschutz nur in EST3 erreichbar	25
MAßNAHMEN FÜR EINEN DAUERHAFT UMWELTGERECHTEN VERKEHR	27
WENIGER CO₂ DURCH STRAßENVERKEHR	27
CO ₂ -Ausstoß bei Pkw begrenzen	27
Benzin verteuern, um Benzin zu sparen	29
Kostengerechtigkeit durch fahrleistungsabhängige	
Schwerverkehrsabgabe	31



Fairer Wettbewerb zwischen Straße und Schiene	32
Verkehrsberuhigung für alle	34
Mobil sein ohne Auto	35
Die Bahn mit Service	36
Globale Wirtschaft – lokale Wirtschaft	37
Warum in die Ferne schweifen... – Naherholung statt Fernreise	38
Verdichten statt Streuen – Verkehrsarme Siedlungsstrukturen	38
Sonne, Wind und Wasser – die Stromquellen der Zukunft	40
LÄRMMINDERUNG	43
REDUZIERUNG DER UMWELTBELASTUNGEN DURCH DEN FLUGVERKEHR	46
Emissionsgrenzwerte für neue Flugzeuge	46
Ökonomische Maßnahmen	47
Handelbare Emissionszertifikate	48
DIE UMSETZUNGSSTRATEGIE	49
PHASE 1: ERFAHREN, VERSTEHEN, AKZEPTIEREN	49
PHASE 2: HANDELN	51
PHASE 3: ÜBERPRÜFEN UND KORRIGIEREN	51
AUSWIRKUNGEN AUF DIE WIRTSCHAFT	52
DAS EST-SZENARIO UND DIE FOLGEN	52
Die Entwicklung von Konsum und Investitionen	55
Höhere Beschäftigung bei EST-50%	59
Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts	60
AUSBLICK	62
ABKÜRZUNGEN UND BEGRIFFE	64
LITERATURVERZEICHNIS	65
ANHANG	72

Kurzfassung

Nachhaltige Verkehrspolitik fördert wirtschaftliches Wachstum und sichert Beschäftigung

Studie zeigt Wege zur umweltfreundlichen Umgestaltung des Verkehrssystems / Positive Wirkungen nachhaltiger Verkehrspolitik festgestellt

Verkehr verlagern, Verkehr vermeiden: Das ist zum Schutz unserer Umwelt nicht nur geboten, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll. Entgegen der landläufigen Meinung führt die Abkehr von der Auto- und Lkw-orientierten Verkehrspolitik nicht zu einem Zusammenbruch wichtiger Wirtschaftszweige und zu höherer Arbeitslosigkeit. Im Gegenteil: Eine zukunftsorientierte Verkehrspolitik, die eine Verlagerung des Personen- und Güterverkehrs auf umweltfreundliche Verkehrsträger sowie die Vermeidung überflüssiger Verkehre zum Ziel hat, kann sogar zur Stärkung der Wirtschaftsentwicklung und Verbesserung der Beschäftigungslage führen. Das ist das Ergebnis einer neuen Studie, die im Auftrag des Umweltbundesamtes erarbeitet wurde. Darin wurden verschiedene Maßnahmen zur Verminderung des CO₂-Ausstoßes im Verkehrssektor untersucht und die Wirkungen einer umweltfreundlichen Verkehrspolitik auf Wirtschaft und Beschäftigung abgeschätzt.

Die Untersuchungen des OECD-Projekts „Environmentally Sustainable Transport“ (EST) mit Fallstudien in verschiedenen Ländern zeigen, dass nachhaltige Verkehrspolitik einerseits die Mobilität der Menschen gewährleistet, andererseits die unerwünschten Folgen des Personen- und Güterverkehrs beseitigen oder doch erheblich verringern kann.

Werden keine Maßnahmen zur Steuerung des Verkehrsgeschehens ergriffen – dass zeigt das „business-as-usual“-Szenario – so wird bis 2030 der Autoverkehr in Deutschland noch einmal um fast die Hälfte steigen, sich der Straßengüterverkehr weit mehr als verdoppeln und der Flugverkehr sogar



verfünffachen. Die Folgen für Umwelt und Gesundheit werden gravierend sein. Der Ausstoß des klimaschädigenden Gases Kohlendioxid durch den Verkehr wird um 30 Prozent zunehmen. Für die verkehrslärmgeplagten Bürger wird es keine Hoffnung auf Verbesserungen geben. Für neue Straßen und zum Parken werden noch mehr Flächen versiegelt und die unzerschnittenen Naturräume noch weiter abnehmen.

In der Studie wird dargestellt, wie ein nachhaltiges Verkehrssystem gestaltet sein müsste, und mit welchen Maßnahmen dies zu erreichen wäre. Große technische Neuerungen sind notwendig, doch reichen sie allein nicht aus. Andererseits bedeutet nachhaltiger Verkehr auch nicht die Rückkehr in die Zeit der Pferdekutsche. Das Verkehrsniveau des Jahres 1990 kann erhalten bleiben, im Güterverkehr wird es auch noch Zuwachs geben. Dieser Verkehr setzt sich jedoch ganz anders zusammen. Mit dem Auto wird nur noch etwa halb so viel gefahren. Die Menschen nutzen öffentliche Verkehrsmittel, in der Stadt gehen sie viele Wege zu Fuß oder fahren mit dem Fahrrad. Im Güterfernverkehr sind Bahn und Schiff die hauptsächlichen Verkehrsträger. Der Straßengüterfernverkehr geht auf etwa ein Viertel zurück. Schwieriger ist es, Alternativen für den Güternahverkehr auf der Straße zu finden. Hier sind noch neue Ideen gefragt.

Die definierten Ziele sind erreichbar durch ein abgestimmtes Maßnahmenbündel, das sich nicht auf den Verkehrsbereich beschränken darf. Zentral sind dabei CO₂-Emissionsgrenzwerte für alle Fahrzeugarten, eine lenkend eingesetzte Mineralölsteuer und eine Schwerverkehrsabgabe. Der Verkehrszuwachs wird durch eine Kombination von fiskalischen Maßnahmen und dem gezielten Aufbau verkehrsarmer Siedlungsstrukturen und regionaler Wirtschaftskreisläufe gebremst.

Für eine deutliche Minderung der Lärmbelastung sorgen Emissionsgrenzwerte für Schienen- und Straßenfahrzeuge, für Reifen und Fahrbahn, sowie die Reduzierung der Geschwindigkeit. Trotzdem lässt sich die Überschreitung eines Lärmpegels von 55 dB(A) an städtischen Hauptverkehrsstraßen und vielbefahrenen Schienenwegen nicht ganz vermeiden.

Sehr viel schwieriger erscheint die Problemlösung für den Luftverkehr, der die höchsten Zuwachsraten aller Verkehrsarten aufweist. Durch stark er-

höhte Ticketpreise wird sich das Ziel, eine Senkung der Personenverkehrsleistung um 60 Prozent im Vergleich zu 1990, dennoch erreichen lassen. Jedoch werden die Einführung einer Kerosinsteuer sowie streckenbezogener Emissionsabgaben als Steuerungsinstrument wahrscheinlich nicht ausreichen. Hier müssen neue Instrumente geprüft werden. Zum Beispiel könnten handelbare CO₂-Emissionszertifikate für den Flugverkehr eine Möglichkeit darstellen, dem Ziel näher zu kommen.

Eine Verkehrspolitik, die sich nicht am Pkw und Straßengüterverkehr orientiert, wird bei weitem nicht zu einem wirtschaftlichen Zusammenbruch führen. Auch wenn die CO₂-Emissionen des Verkehrs um 80 Prozent gesenkt werden sollen, sind die Effekte auf die aggregierten Wirtschaftsindikatoren eher gering. Sektorale zeigen sich natürlich größere Unterschiede. So wird sich die Endnachfrage in der Mineralölindustrie und der Fahrzeugproduktion deutlich schwächer, in der Bauindustrie und bei den Dienstleistungen dagegen stärker entwickeln als im "business-as-usual"-Fall.

Während sich auf der Nachfrageseite zunächst dämpfende Auswirkungen durch höhere Transportkosten auf der Straße feststellen lassen, zeigen sich auf der Angebotsseite nach einigen Jahren positive Effekte durch eine Beschleunigung des technischen Fortschritts. Dennoch liegen die Ergebnisse für die Beschäftigung und für den Kapitalstock niedriger als im Vergleichsfall ohne Maßnahmen. Die Forcierung des technischen Fortschritts reicht nicht aus, die sich negativ auswirkenden preispolitischen Maßnahmen zu kompensieren.

Diese negativen Wirkungen können vermieden oder sogar umgekehrt werden, indem der Zeitraum für die Umsetzung verlängert wird. Wird statt der CO₂-Reduktion um 80 Prozent bis 2030 nur eine Minderung um 50 Prozent angestrebt, können die preispolitischen Maßnahmen in einer geringeren Intensität eingesetzt werden, während die technisch orientierten Maßnahmen weitestgehend unverändert bleiben. In diesem Fall werden die sektoralen Verluste für die Fahrzeugproduktion und die Mineralölindustrie geringer ausfallen und durch Gewinne in anderen Sektoren überkompensiert. Der durch die technisch orientierten politischen Maßnahmen induzierte Fortschritt in der Technik bleibt nahezu unverändert. Daher liegen die Werte



est!

der aggregierten Wirtschaftsindikatoren auch bei kritischen Größen wie der Beschäftigung über den Werten des "business-as-usual"-Szenarios. Eine nachhaltige Verkehrspolitik kann also zu einer Stärkung der Wirtschaftsentwicklung und Verbesserung der Beschäftigungslage führen, wenn restriktive Maßnahmen und Anreize zur technologischen Entwicklung in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen.

„Ein nachhaltiges Verkehrssystem befriedigt die Bedürfnisse nach sozialen Kontakten und Kommunikation und ermöglicht den Zugang zu Gütern und Dienstleistungen, ohne die Gesundheit von Menschen zu gefährden oder das Ökosystem zu bedrohen. Der Verbrauch erneuerbarer Ressourcen darf nicht höher sein als deren Regenerierungsrate. Die nicht erneuerbaren Ressourcen dürfen nicht schneller verbraucht werden, als erneuerbare Quellen zur Substitution neu erschlossen werden können.“

OECD 1996



Das Projekt „Environmentally Sustainable Transport“

Im Jahr 1994 gründete die „Pollution Prevention and Control Group“ der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) eine „Task Force on Transport“. Dieses Gremium machte es sich zur Aufgabe, Wege und Mittel zu einer deutlichen Verringerung der negativen Auswirkungen des Verkehrs auf unsere Umwelt zu finden. Eine international besetzte Expertengruppe arbeitete seither an diesem Projekt „Environmentally Sustainable Transport“ (dauerhaft umweltgerechter Verkehr, kurz EST), das im Oktober 2000 mit einer Konferenz in Wien abgeschlossen wurde.

Zu den Zielen des EST-Projektes gehörte die Definition von Schlüsselkriterien für einen zukunftsfähigen Verkehr und die Identifikation von technischen und strukturellen Maßnahmen, mit der diese Kriterien erreichbar erscheinen. Außerdem galt es, vier Szenarien zu entwickeln, ein „business-as-usual“-Szenario sowie drei weitere Szenarien, die unterschiedliche Entwicklungspfade zur Erfüllung der EST-Kriterien darstellen. Im Anschluss wurden diese Szenarien auf ihre technische, wirtschaftliche und politische Durchführbarkeit hin überprüft und beurteilt. Die Erfahrungen aus diesem Projekt sind in zehn Leitlinien zusammengefasst, die als Hilfestellung für die Entwicklung von Nachhaltigkeitsstrategien nicht nur im Verkehrsbe-
reich gelten können.

Am EST-Projekt nahmen die OECD-Mitgliedsländer Schweden, Norwegen, Niederlande, Kanada, Frankreich, Schweiz, Österreich und Deutschland teil. Dabei waren die Ziele und Herangehensweisen gleich. Die Lösungswege wurden jedoch den einzelnen Ländern überlassen. Der vorliegende Bericht dokumentiert die deutsche Fallstudie. Der Inhalt dieses Berichts ist rein wissenschaftlicher Natur. Die hier definierten Nachhaltigkeitskriterien sind nicht die umweltpolitischen Ziele der Deutschen Regierung für den Verkehrssektor. Mit den im Folgenden beschriebenen Szenarien werden keine geplanten Strategien beschrieben. Ziel dieser Szenario-Konstruktionen ist es vielmehr aufzuzeigen, welcher enormer technischer Fortschritt und welche starke Veränderungen im Verkehrsverhalten der Menschen erforderlich wären, um die gesetzten Ziele für einen dauerhaft umweltgerechten Verkehr zu erreichen.

Verkehr mit Zukunft EST-Kriterien für die deutsche Fallstudie

Im Jahr 2030 soll im Vergleich zu 1990

- ... der Ausstoß von CO₂ um 80 Prozent, von NO_x und VOC um 90 Prozent, und von PM (Partikel) um 99 Prozent reduziert werden;
- ... der Verkehrslärm im Allgemeinen 65 dB (A), in Wohngebiete tagsüber 55 dB(A) und nachts 45 dB(A) nicht überschreiten;
- ... und sollen keine zusammenhängenden Gebiete durch Verkehrsinfrastruktur neu zerschnitten werden.

Die Auswahl der Schlüsselkriterien für einen zukunftsfähigen Verkehr ergab eine Sichtung von Regierungsprogrammen und Konzepten der einzelnen OECD-Länder (OECD 1996). Die Expertengruppe legte einheitliche Minderungsraten für die Emissionen von Kohlendioxid (CO₂), Stickoxiden (NO_x) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) als Zielwerte fest. Danach soll bis 2030 eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes im Verkehrsbereich von 80 Prozent gegenüber dem Vergleichsjahr 1990 erreicht sein. Bei den (NO_x) und VOC gilt eine Reduktion um 90 Prozent bis 2030 als EST-Kriterium.

Die Quantifizierung der Kriterien für die Emission von Partikeln (PM), Lärm und der Flächennutzung für Verkehrszwecke wurde den jeweiligen Ländern überlassen, um besondere nationale Bedingungen berücksichtigen zu können. Im Rahmen der deutschen Fallstudie wurde für die Partikelemissionen in Anlehnung an den Vorschlag des Umweltgutachtens 1994 des Sachverständigenrats für Umweltfragen eine 99-prozentige Reduktion bis 2030 als EST-Kriterium bestimmt.

Der Verkehr muss nicht nur sauber, sondern auch leiser werden – immerhin fühlen sich heute rund 70 Prozent der deutschen Bevölkerung durch Lärm gestört, für den hauptsächlich der Straßenverkehr verantwortlich ist. Als EST-Kriterium für alle Gebiete in Deutschland wurde ein Grenzwert von 65 dB(A) definiert. Derzeit sind etwa 16 Prozent der deutschen Bevölkerung Lärmimmissionen von mehr als 65 dB (A) ausgesetzt (UBA, 1997a). Für Wohngebiete bedeuten auch 65 dB(A) noch eine erhebliche Störung. Hier sollten tagsüber 55 dB (A) und nachts 45 dB(A) an Verkehrswegen nicht überschritten werden.

Die Bestimmung von EST-Kriterien im Bereich der Flächennutzung durch Verkehr erwies sich als sehr schwierig. Generell gilt es, die Tendenz zu ei-



ner immer stärkeren Inanspruchnahme von Flächen für Verkehrszwecke zu stoppen beziehungsweise umzukehren. So nimmt hier zu Lande die Zahl der von Straßen und Eisenbahntrassen nicht zerschnittenen Naturräume kontinuierlich ab (SRU, 1994). Eine weitere Zerschneidung erachten die Experten als nicht zukunftsfähig. Als EST-Kriterium für ländliche Räume orientiert sich die Flächeninanspruchnahme der übergeordneten Verkehrsinfrastruktur daher am Niveau von 1990. Hinsichtlich der Flächennutzung für Verkehr in städtischen Regionen wurde auf die Festlegung eines EST-Kriteriums hingegen verzichtet. Hier sehen die Experten weiteren Forschungs- und Diskussionsbedarf.

Kohlendioxid

CO₂ ist das mengenmäßig wichtigste klimawirksame Gas. Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre ist seit Beginn der Industrialisierung stark angestiegen. Die Akkumulation von CO₂ und anderer Klimagase ist Ursache für den sogenannten anthropogenen Treibhauseffekt. Auf der Nordhalbkugel der Erde wurde im 20. Jahrhundert die stärkste Erwärmung der letzten 1000 Jahre beobachtet. Das Jahrzehnt von 1990 bis 1999 stellt die bisher wärmste Dekade dar. Mit der Klimarahmenkonvention haben sich inzwischen 170 Unterzeichnerstaaten zum Ziel gesetzt, die Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu stabilisieren, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Um dies zu erreichen, müssten die CO₂-Emissionen weltweit sofort um 50 bis 70 Prozent reduziert werden. Die Industriestaaten, die heute für den größten Teil der CO₂-Emissionen verantwortlich sind, müssen deutlich stärker zur Minderung beitragen als die Entwicklungsländer.

Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen

Aus NO_x und VOC bildet sich unter Sonneneinwirkung gesundheitsschädliches Ozon. NO_x-Emissionen sind weiterhin an der Überdüngung und Versauerung von Böden und Gewässern beteiligt. Die Minderungsziele müssen so bestimmt werden, dass Schäden dauerhaft vermieden werden.

Partikel

Der Verkehr trägt mit seinen Partikelemissionen maßgeblich zum immisionsbedingten kanzerogenen Risiko bei. Je kleiner die Partikel sind, umso tiefer können sie in die Lunge gelangen und umso höher ist auch der deponierte Anteil. Mit der Reduzierung der Massenkonzentration von Partikeln unter 10 µm Durchmesser (PM₁₀) um 99 Prozent soll das Krebsrisiko weitmöglichst vermieden werden, wobei die Masse der Partikel gleichmäßig über alle Größenklassen reduziert werden soll.

Lärm

Anwohner von Verkehrswegen, an denen ein Lärmmittelungspegel von mehr als 65 dB(A) gemessen wird, sind einem erhöhten Risiko von Herz-Kreislaufkrankungen ausgesetzt. Während des Tages gemessene Mittelungspegel von 55 dB(A) an Straßen oder Schienenwegen beeinträchtigen die Kommunikation und die Befindlichkeit. Nachts an den Verkehrswegen gemessene Mittelungspegel von über 45 dB(A) wirken schlafstörend.

Flächeninanspruchnahme

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland nimmt täglich um 129 ha zu. Dies führt zu einem permanenten Landschaftsverbrauch, der sich in einer fortschreitenden Umwidmung von Landschafts- und Freiflächen in versiegelte Flächen sowie in einer zunehmenden Landschaftsbeeinträchtigung und -entwertung zeigt. Für die meisten Tier- und Pflanzenarten bedeutet eine weitere Zerschneidung und Verinselung einen irreversiblen Verlust an Lebensraum. Für die Menschen geht immer mehr naturnaher Erholungsraum verloren. Innerorts nimmt der motorisierte Straßenverkehr großen Raum ein, der für andere Nutzungen, wie Kinderspiel oder Aufenthalt, mehr oder weniger verloren ist.



Verkehr im Jahr 2030 – die Szenarien

In der zweiten Phase des Forschungsprojektes entwickelten die Experten vier Szenarien, die die Situation des Verkehrssystems im Zieljahr 2030 beschreiben. Das "business-as-usual"-Szenario (kurz: BAU) zeigt auf, wie die weitere, nicht zukunftsfähige, Entwicklung im Verkehr bei Fortschreibung der bisherigen Trends aussehen könnte. Das BAU-Szenario ist aber nicht als Prognose der tatsächlichen Entwicklung von Verkehr und Umwelt zu verstehen. Es soll vielmehr die Verkehrs- und Umweltentwicklungen unter der Bedingung aufzeigen, dass die Trends der Vergangenheit in den kommenden dreieinhalb Jahrzehnten andauern. Die drei EST-Szenarien charakterisieren unterschiedliche Entwicklungspfade zur Erfüllung der EST-Kriterien. Das rein technisch ausgerichtete Szenario (EST1) erfüllt die Kriterien allein durch Verbesserungen in der Fahrzeugtechnik und die Einführung alternativer Treibstoffe und Antriebe. Das Managementszenario (EST2) setzt allein auf Strategien zur Beeinflussung der Verkehrsnachfrage. Das Kombinationsszenario (EST3) vereint die Strategie des technischen Wandels im Verkehr mit der Beeinflussung der Verkehrsnachfrage.

Zwei zentrale Annahmen liegen sowohl dem BAU- als auch den drei EST-Szenarien zugrunde: Auf lange Sicht stagniert die Bevölkerungszahl. Die Experten nehmen bei ihrer Szenariokonstruktion an, dass die Bevölkerung bis 2010 geringfügig wächst und dann wieder auf den Stand von heute zurückgeht. Außerdem gehen sie von einem moderaten wirtschaftlichen Wachstum aus. Im Rahmen der Szenariokonstruktion blieben mögliche Rückkopplungen auf das Wirtschaftswachstum unberücksichtigt. Sämtliche Szenarien beziehen sich auf das Basisjahr 1990 und das Zieljahr 2030.

Verkehrswende bleibt aus – das BAU-Szenario

Bis zum Jahr 2030

- ... ist der Automobilbestand auf 68 Millionen Pkw angewachsen, ihre Gesamtfahrleistung wächst um zwei Drittel, die der Lkw um 140 Prozent;
- ... verzeichnet das Flugzeug im Personenverkehr die größten Zuwächse. Der Luftverkehr nimmt um 400 Prozent zu;
- ... gehen mit Ausnahme von CO₂ alle betrachteten Emissionen aufgrund verbesserter Abgastechnik zurück. Der CO₂-Ausstoß steigt um 30 Prozent;
- ... nimmt die Lärmbelastung noch zu und steigt der Flächenverbrauch für Verkehrszwecke deutlich an.

Für das BAU-Szenario gilt, dass weder signifikante Kurswechsel in der Verkehrspolitik eintreten noch überraschende, neue Lösungen in der Verkehrstechnik entwickelt werden. So wird beispielsweise die Verkehrsinfrastruktur entsprechend der Bundesverkehrswegeplanung einschließlich des so genannten „weiteren Bedarfs“ weiter ausgebaut. Die Treibstoffpreise steigen moderat. Im BAU-Szenario wird nur der strukturelle und technische Wandel berücksichtigt, der vom heutigen Standpunkt aus zu erwarten ist.

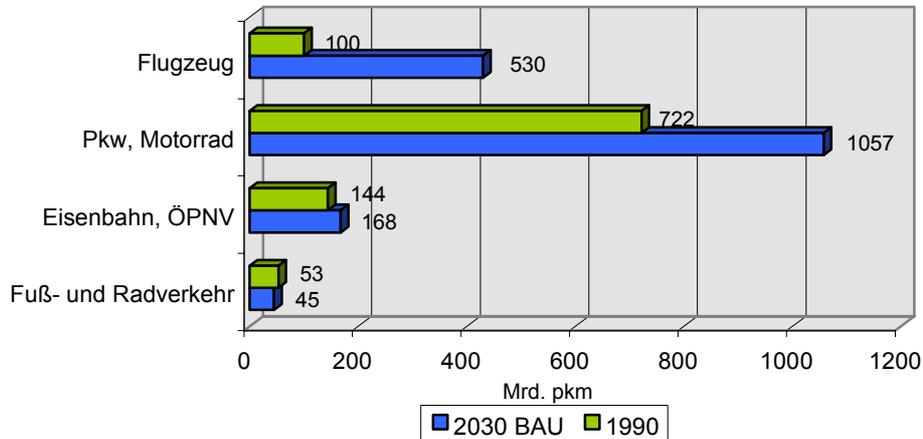
Die Automobilflotte wächst weiter

Im BAU-Szenario sind im Jahr 2030 rund 68 Millionen Pkw zugelassen. Das bedeutet, dass auf 1000 Einwohner zirka 820 Pkw kommen, ein Wert, der in einigen Bundesstaaten der USA bereits heute erreicht ist. Der Anteil der Diesel-Pkw ist von 1990 rund 15 Prozent auf 30 Prozent im Jahr 2030 angestiegen; der Anteil der Elektroautos beträgt zehn Prozent. Aufgrund der Einschränkungen im Betrieb (zum Beispiel geringere Reichweite) geht man für den Anteil der Elektroautos an den Fahrleistungen von lediglich fünf Prozent aus, während der entsprechende Anteil der Diesel-Pkw in diesem Szenario 40 Prozent beträgt.

Die **Fahrleistung** eines Fahrzeugs entspricht der von ihm zurückgelegten Strecke. Unter **Verkehrsleistung** versteht man die Transportleistung von Personen oder Gütern. Beispiel: Ein Wagen mit zwei Personen legt fünf Kilometer zurück. Die Fahrleistung beträgt in diesem Fall fünf Kilometer, die Verkehrsleistung jedoch zehn Personenkilometer.

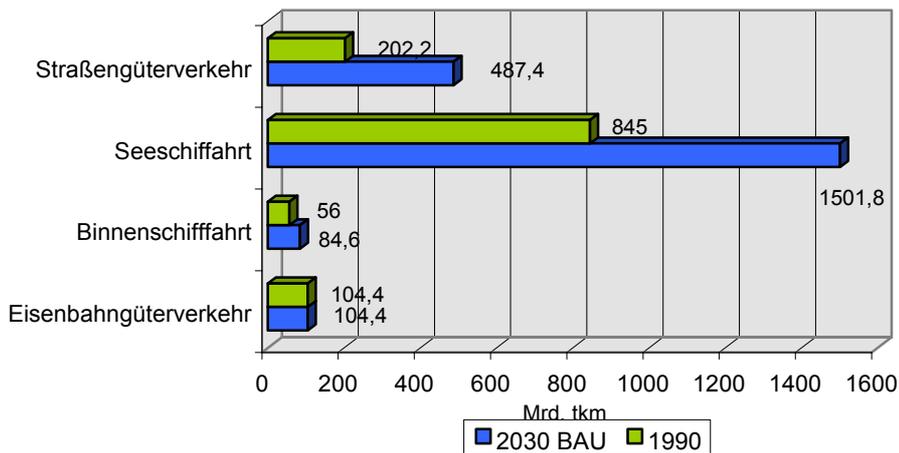
Die Gesamtfahrleistungen von Pkw und Lkw steigen

Im Personenverkehr steigt die Verkehrsleistung insgesamt um 77 Prozent. Der Verkehrsleistungszuwachs zeigt sich in erster Linie als Fahrleistungszuwachs im Straßenverkehr. Während die Personenverkehrsleistung mit Pkw und Motorrädern um 46 Prozent wächst, steigt die Gesamtfahrleistung der Pkw und Kombi um rund zwei Drittel. Der Grund: Der Pkw-Besetzungsgrad verringert sich von 1,49 auf 1,30 innerorts und von 1,24 auf 1,15 Personen pro Pkw außerorts. Das Wachstum der Fahrleistungen findet überwiegend außerorts statt, im Ort gibt es dagegen, wegen des knappen Straßenraums, nur geringe Zuwächse. Während der Fußverkehr und das Radfahren einen leicht rückläufigen Trend aufweisen, verzeichnet der öffentliche Nahverkehr geringe Zuwächse. Die bei weitem größten Zuwächse weist der Luftverkehr auf, der um mehr als 400 Prozent zunimmt.



Veränderungen im Personenverkehr (BAU)

Im Güterverkehr steigt die Verkehrsleistung um 80 Prozent. Während der Eisenbahngüterverkehr stagniert, wächst der Straßengüterverkehr um rund 150 Prozent, die Binnenschifffahrt um 51 Prozent und die Seeschifffahrt um 77 Prozent. Weil der Auslastungsgrad der Lkw sinkt, steigen ihre Fahrleistungen überproportional, nämlich um 140 Prozent, wobei die Zunahme bei den leichten Nutzfahrzeugen gleichermaßen innerorts wie außerorts stattfindet. Die Fahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge wird sich insgesamt mehr als verdoppeln, im Ort nimmt sie um etwa ein Drittel zu.



Veränderungen im Güterverkehr (BAU)

Der CO₂-Ausstoß steigt um 30 Prozent

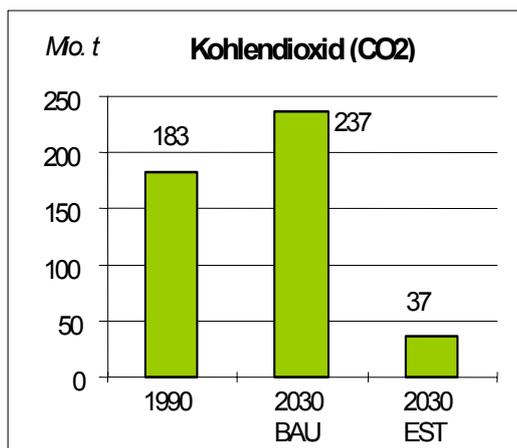
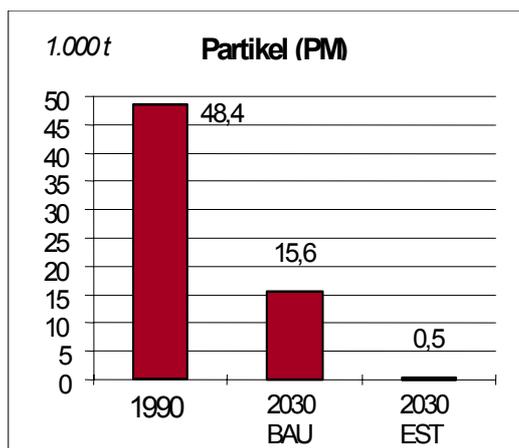
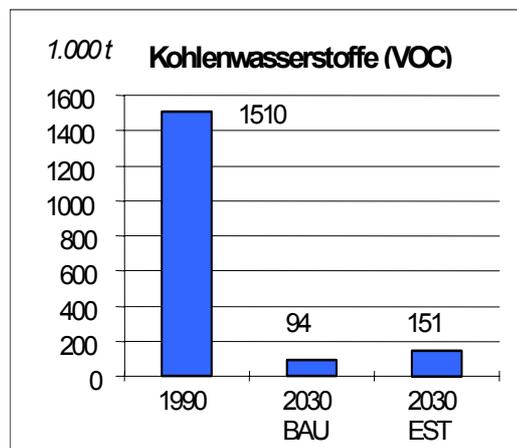
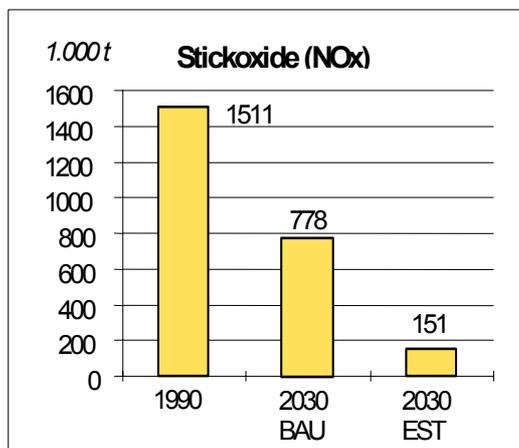
Im BAU-Szenario sinkt der Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge pro Kilometer um etwa ein Drittel gegenüber heute. Obwohl es technisch möglich wäre, die Energieeffizienz von Personenkraftwagen mit Ottomotor um 50 Prozent und die von Diesel-Pkw um 40 Prozent zu steigern, wird hiervon nicht ausgegangen, weil dies einen völligen Wechsel in der Umweltpolitik voraussetzen würde. (Eine ausführliche Darstellung der *Fahrleistungen*, des *Energieverbrauchs* sowie der *Emissionsfaktoren* für alle Szenarien befindet sich in Anhang 4).

Die CO₂-Emissionen hängen unmittelbar vom Kraftstoffverbrauch ab. Die Verminderung des Verbrauchs in der Pkw-Flotte führt zu einem Emissionsfaktor für Kohlendioxid (CO₂) von 120 Gramm pro Kilometer. Dieser Wert steht im Einklang mit dem Vorschlag des EU-Umweltministerrates von 1995 für neu zugelassene Autos ab 2005. Die unterstellten Rückgänge der Emissionen von VOC, NO_x und PM für Straßenfahrzeuge folgen den Vorschlägen der Europäischen Kommission für die Schadstoffkategorie EURO 4.

Bei Flugzeugen nimmt die Energieeffizienz in diesem Szenario um 45 Prozent zu. Die spezifischen NO_x-Emissionen steigen um 25 Prozent. Bei den beiden anderen Verkehrsträgern, Zügen und Schiffen, steigt die Energieeffizienz um 10 bis 25 Prozent.

Ein Drittel der Linienbusse nutzt Gas als Treibstoff. Obwohl der motorisierte Verkehr erheblich zunimmt, gehen mit Ausnahme von CO₂ alle betrachteten Emissionen aufgrund der verbesserten Abgastechnik zurück. Die NO_x-Emissionen sind um knapp 50 Prozent reduziert, wobei im Jahr 2030 der Luftverkehr der bedeutendste Emittent ist, gefolgt vom Verkehr der Straßengüter und der Pkw. Die VOC-Emissionen sinken um 94 Prozent. Damit wird dieses EST-Kriterium bereits in BAU erfüllt. Allerdings waren im Basisjahr 1990 die spezifischen VOC-Emissionen der Autos und Motorräder in den neuen Bundesländern noch besonders hoch. Der wesentliche Grund für die erhebliche Reduktion der VOC-Emissionen ist die Einführung der Katalysatortechnik.

Die Partikelemissionen vermindern sich um zwei Drittel. Dagegen nehmen die CO₂ Emissionen um fast 30 Prozent zu. Trotz der durchaus ambitionierten Annahmen bezüglich des Rückgangs der spezifischen CO₂-Emissionen vergrößert sich die Spanne zwischen den Emissionen und dem EST-Kriterium weiter. Im BAU-Szenario im Jahre 2030 trägt der Luftverkehr 18 Prozent zu den gesamten verkehrsbedingten CO₂-Emissionen bei, gegenüber acht Prozent in 1990.



Emissionen in den Jahren 1990 und 2030 (BAU und EST)

Mehr Lärm von Straße und Schiene

Im BAU-Szenario erwarten die Experten beim Straßenverkehrslärm einen Rückgang der spezifischen Emissionen. Zudem gibt es einen gewissen Fortschritt bei der Einführung von lärmarmen Straßenbelägen und Reifen. In städtischen Regionen nehmen die Emissionen um rund zwei dB(A) ab. Wegen der größeren Verkehrsmengen führen diese technischen Verbesserungen dennoch nicht zu einem Rückgang der Lärmbelastung. Der Anteil der Bevölkerung, der Lärm oberhalb von 65 dB(A) ausgesetzt ist, steigt leicht von knapp unter 16 Prozent in 1990 auf über 16 Prozent in 2030 an.

Beim Lärm durch den Eisenbahnverkehr sind zwei gegenläufige Trends erkennbar: Eine verbesserte Instandhaltung der Schienenwege und die Ein-

führung von Radabsorbentien im Personenverkehr auf langen Strecken sorgen für Entlastung. Ungeachtet dessen werden die Lärmemissionen aufgrund der zunehmenden Fahrgeschwindigkeiten ansteigen und der Anteil der Bevölkerung, der hohen Lärmbelastungen durch den Schienenverkehr ausgesetzt ist, nimmt leicht zu.

Mehr Verkehr verbraucht mehr Fläche

Unter BAU-Bedingungen gibt es einen deutlich höheren Bedarf an Parkplätzen, innerstädtischen wie überörtlichen Straßen und Flughäfen. Der zur Abwicklung der wachsenden Verkehrsnachfrage erforderliche Neubau von Hauptverkehrsstraßen führt dazu, dass das Kriterium zur Flächennutzung für verkehrliche Zwecke nicht eingehalten werden kann.



Die drei EST-Szenarien

Die Szenarien EST1, EST2 und EST3 stellen verschiedene Entwicklungspfade in Richtung auf einen dauerhaft umweltgerechten Verkehr dar, wie er durch die OECD-Expertengruppe definiert wurde. Die Szenarien sind so konstruiert, dass die EST-Kriterien bei Einleitung adäquater Maßnahmen bis zum Jahr 2030 erreicht werden (Backcasting-Methode). Die Szenarien sind jedoch nicht als realistische Optionen zu interpretieren. Ziel der EST-Szenarien ist, aufzuzeigen, welcher enormer technischer Fortschritt sowie tiefgreifende Veränderungen im Verkehrsverhalten erforderlich sind, um die Kriterien zu erreichen. Dies gilt selbst für das EST3-Szenario, das fortschrittliche Technik mit der Beeinflussung des Verkehrsverhaltens vereint. (Eine ausführliche Darstellung der *Fahrleistungen*, des *Energieverbrauchs* sowie der *Emissionsfaktoren* für alle Szenarien befindet sich in Anhang 4).

Hypercars, Trolley-Busse und Wasserstoff – das Technologie-Szenario (EST1)

Bis zum Jahr 2030

- ... wird elektrische Energie zu 90 Prozent aus regenerativen Quellen gewonnen;
- ... fahren Hypercars mit einem Treibstoffverbrauch von 1,5 Liter Benzin auf 100 Kilometer auf den Straßen;
- ... werden Lkw, Busse und Flugzeuge mit Wasserstoff betrieben, der mit Hilfe von regenerativen Energiequellen produziert wird.

Da die EST-Kriterien im Technologie-Szenario allein mittels technischer Maßnahmen erfüllt werden sollen, sind diesem Szenario die gleichen Fahrleistungen und Verkehrsleistungen wie dem BAU-Szenario zugrundegelegt. Allgemein gilt hierbei: zu 90 Prozent kommt Strom aus regenerativen Quellen zum Einsatz.

Das 1,5-Liter-Auto

Auf den Straßen fahren Pkw mit elektrischem Hybridantrieb. Um das EST-Kriterium für CO₂ zu erfüllen, wird ein Treibstoffverbrauch von 1,5 Liter Benzin auf 100 Kilometern angenommen (s. Kasten). Eine optimierte Kata-

lysatortechnik ermöglicht die Verminderung der Emissionen von NO_x und VOC um 95 bis 98 Prozent gegenüber den EURO 2-Werten. Das entspricht dem Standard eines Fahrzeugs mit Null-Emissionen (EZEV). Dieselmotoren sind für Personenkraftwagen ausgeschlossen.

Das Hypercar-Konzept

In Anlehnung an Lovins (1994) wird für Pkw ein Hypercar-Konzept eingeführt, das hochgradig energieeffizient ist. Der Hybridantrieb vereint den direkten elektrischen Antrieb der Räder mit der Erzeugung des notwendigen Stroms durch einen kleinen und effizienten Verbrennungsmotor für konventionelles Benzin. Ultraleichte Familienfahrzeuge mit einem solchen Hybridantrieb können bereits heute einen Verbrauch von 1,6 Liter auf 100 Kilometer erreichen. Treibstoffverbräuche unterhalb von einem Liter pro 100 Kilometer erscheinen mittels Technologien möglich, die sich derzeit noch im Laborstadium befinden.

Öffentliche Verkehrsmittel und Lastkraftwagen produzieren saubere Abgase

Für den Antrieb von Nutzfahrzeugen und Reisebussen werden Brennstoffzellen mit flüssigem oder komprimiertem Wasserstoff eingesetzt, wobei der Wasserstoff elektrolytisch aus regenerativen Energiequellen gewonnen wird. Die Energieeffizienz wird durch den Einsatz von Schwungrädern zusätzlich verbessert.

Im öffentlichen Personenverkehr werden Trolley-Busse (Oberleitungsbusse), Stadt- und S-Bahnen sowie die Eisenbahn mit Elektrizität aus regenerativen Quellen betrieben. An Stelle von Diesellokomotiven verkehren solche mit Brennstoffzellen auf den Schienen. Aufgrund dieser Maßnahmen tragen Nutzfahrzeuge, Busse und Schienenfahrzeuge nicht mehr zu den Schadstoffemissionen bei. Der Treibstoff für Flugzeuge ist ebenfalls flüssiger Wasserstoff.

Die NO_x -Emissionen werden um rund 65 Prozent reduziert. Bei Binnen- und Ozeanschiffen, die weiterhin mit Dieselmotoren fahren, beträgt die Reduktion des Kraftstoffverbrauchs 40 Prozent, die von Partikeln (PM) 95 und von NO_x 90 Prozent. Die Auswirkungen der technologischen Revolution auf die Emissionen des Verkehrssektors werden in dem Kapitel *Die Ergebnisse der EST-Szenarien im Vergleich* erörtert.



Mehr Emissionen von Wasserdampf

Der Einsatz von Wasserstoff im Flugverkehr führt dazu, dass die CO₂-Emissionen auf Null zurückgeführt werden. Allerdings ist mit vermehrten Emissionen von Wasserdampf zu rechnen, der seinerseits zum Treibhauseffekt beiträgt, was den Erfolg CO₂-neutraler regenerativer Energien nach heutiger Kenntnis vermutlich auf eine 35-prozentige Verminderung des Beitrages des Luftverkehrs zum Treibhauseffekt beschränkt. Wie hoch der Beitrag von Wasserdampfemissionen ist, konnte wissenschaftlich noch nicht endgültig geklärt werden. Da das entsprechende EST-Kriterium nur das CO₂ beinhaltet, bleiben diese Effekte hier unberücksichtigt.

Weniger Lärm auf den Straßen

Der Straßenverkehrslärm wird in städtischen Regionen um neun dB(A) gemindert. Die Motorengeräusche werden technisch so stark begrenzt, dass diese im Straßenverkehr kaum noch eine Rolle spielen. Zum anderen sorgen neue Materialien und verbessertes Design für weniger Vibrationen der Reifen. Außerdem begrenzen Absorber und lärmdämmende Verkleidungen der Räder sowie lärmarme Fahrbahndeckschichten die Rollgeräusche.

Der Lärm bei Schienenfahrzeugen ist im Technologie-Szenario gegenüber dem Wert von 1990 um bis zu 16 dB(A) reduziert. Dafür sorgen der Ersatz herkömmlicher Klotzbremsen durch Scheibenbremsen, die Optimierung der Räder, der Einsatz von Radabsorbern, die Installation lärmdämmender Radeinhausungen, akustisch optimierte Schienenschleifen sowie der Bau von Lärmschutzwänden an Eisenbahnstrecken.

Die Verkehrsfläche wächst weiter

Mit Hilfe technischer Maßnahmen lässt sich der Flächenverbrauch für Verkehrszwecke nicht oder nur in geringem Maße beeinflussen. Trotz des erwarteten Einsatzes von Verkehrstelematik und den Bau von doppelstöckigen Straßen sowie Tunneln wird das enorme Verkehrswachstum nicht ohne eine Ausweitung der Flächeninanspruchnahme durch den motorisierten Verkehr zu bewältigen sein.

Vermeiden und Verlagern - das Verkehrsmanagement-Szenario (EST2)

Bis zum Jahr 2030

- ... sind die Fahrleistungen der Pkw gegenüber 1990 um 90 Prozent und der Lkw um 74 Prozent reduziert;
- ... vermindert sich der Verkehrsaufwand im Flugverkehr um 84 Prozent;
- ... nimmt die Verkehrsleistung im öffentlichen Personenverkehr (ohne Flugverkehr) um 150 Prozent zu.

Der Kauf eines Bahn-Tickets ist so selbstverständlich wie heute der Griff zum Zündschlüssel. Die Philosophie des EST2-Szenarios ist, dass die EST-Kriterien bei gleicher Technik wie in BAU allein durch die Beeinflussung des Verkehrsverhaltens erfüllt werden. Dies bedeutet eine Verminderung der durchschnittlich zurückgelegten Entfernungen, weniger Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln und eine verstärkte Nutzung umweltfreundlicherer Verkehrsmittel. Die Fahrleistungen der Pkw liegen um 90 Prozent niedriger als im Basisjahr 1990. Weil aber zugleich der durchschnittliche Besetzungsgrad der Pkw von 1,2 auf 2,2 innerorts sowie von 1,5 auf 2,5 Personen pro Pkw außerorts steigt, reduziert sich die Verkehrsleistung „nur“ um rund 80 Prozent. Die Auswirkungen des Verkehrsmanagement-Szenarios auf Verkehrsmengen und Emissionen werden in dem Kapitel *Die Ergebnisse der EST-Szenarien im Vergleich* erörtert.

Weniger Verkehr allein schafft keine ausreichende Lärminderung

Um das EST-Kriterium von 55 dB(A) für Lärm tagsüber in Wohngebieten zu erfüllen, bedarf es zusätzlich zum deutlichen Verkehrsrückgang einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 Kilometer pro Stunde im innerstädtischen Straßenverkehr. Die Lärmkriterien nachts können nur mit Hilfe von Nachtfahrverboten für Lkw und Nachtflugverboten eingehalten werden. Die Lärmbelastung an den Schienenstrecken steigt.

Durch die Verkehrsverlagerung ist neue Eisenbahninfrastruktur erforderlich. Um weitere Zerschneidungen zu vermeiden, werden dafür bestehende Strecken und Trassen erweitert. Damit kann das EST-Kriterium für die verkehrliche Flächennutzung in ländlichen Gebieten als erfüllt gelten. Die Straßeninfrastruktur kann sowohl in ländlichen als auch in städtischen Regionen zurückgebaut werden.



Bewusstes Mobilitätsverhalten und moderne Technik – das Kombinations-Szenario (EST3)

Bis zum Jahr 2030

- ... sind kompakte und leichte Fahrzeuge mit konventionellen Antrieben unterwegs, die extrem sparsam sind;
- ...kommen Pkw mit Ottomotoren aufgrund hochgradig effektiver Katalysatortechnik und Motormanagement dem Nullemissionsstandard nahe;
- ... werden die NO_x -Emissionen bei Dieselmotoren durch selektive katalytische Reduktion (SCR) verringert.

Das Kombinations-Szenario (EST3) kombiniert Bestandteile aus EST1 und EST2. Hier wird Wasserstoff nicht als Energieträger im Verkehr verwendet, weil dessen Produktion, Behandlung und Lagerung in hohem Maße Energie verbraucht, ineffizient und kostspielig ist. Deshalb setzen die Experten in EST3 auf konventionelle aber hocheffiziente Technologie der Straßenfahrzeuge, die sich gegenüber heutigen Fahrzeugen durch ein geringeres Gewicht, geringeren Luft- sowie Rollwiderstand auszeichnen, und denen deshalb niedrige maximale Motorleistungen genügen.

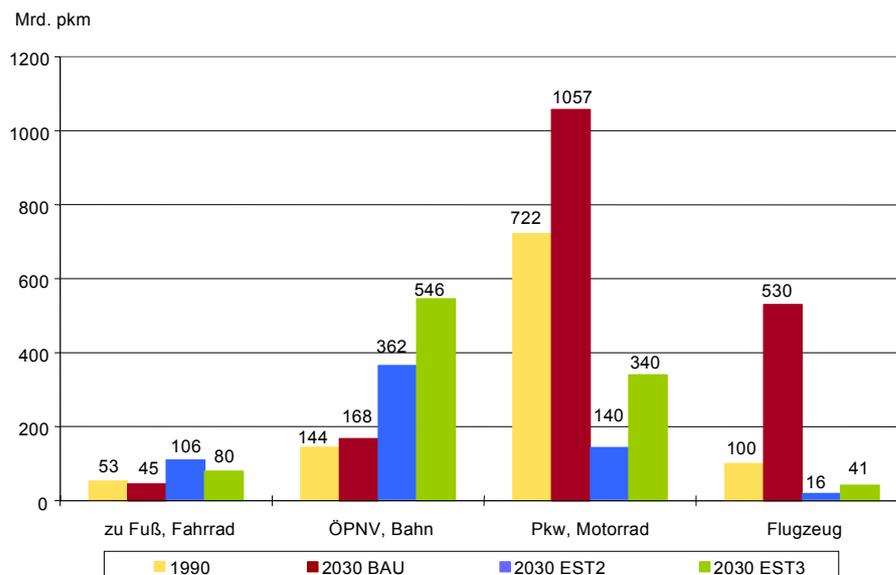
Wie in EST1 werden in EST3 Dieselmotoren nicht länger in Pkw und leichten Nutzfahrzeugen eingesetzt, um die Partikelemissionen in städtischen Regionen zu vermindern. Statt dessen ist eine Art Hypercar (s. EST1-Szenario) mit hochentwickeltem Verbrennungsmotor im Einsatz. Der Emissionsstandard für Pkw kommt der Nullemission (EZEV) nahe. Hierbei werden jedoch keine Hybridfahrzeuge eingesetzt, sondern nur solche mit hochentwickelten Verbrennungsmotoren. Der Treibstoffverbrauch beträgt 2,5 Liter pro 100 km (EST1: 1,5 Liter pro 100 km). Der EZEV-Standard ist auch mit dem Verbrennungsmotor erreichbar. Schwere Nutzfahrzeuge, Reisebusse, Diesellokomotiven und Schiffe, die in EST1 teilweise mit Wasserstoff betrieben werden, sind im Kombinations-Szenario mit Dieselmotoren ausgerüstet. Gegenüber BAU sind die Emissionen von NO_x , PM und CO_2 weitergehend reduziert. Die Flotte der Linienbusse setzt sich jeweils zur Hälfte aus Trolley-Bussen (Oberleitungsbussen) und Gasbussen zusammen. Die Erzeugung der von Schienenfahrzeugen genutzten Elektrizität erfolgt zu mehr als 50 Prozent aus regenerativen Quellen. Der Treibstoffverbrauch bei Flugzeugen ist pro Personenkilometer um 55 Prozent niedriger als 1990. Hinsichtlich des Lärms werden in EST3 die gleichen Annahmen wie in EST1 zugrundegelegt. Die Ergebnisse dieses Szenarios werden im folgenden Kapitel erörtert.

Die Ergebnisse der EST-Szenarien im Vergleich

- *Allein mit technischen Verbesserungen sind die Emissionsziele nicht erreichbar;*
- *Straßen- und Luftverkehr müssen abnehmen; trotzdem können die Menschen in Zukunft genauso mobil sein wie 1990, wenn sie auf umweltfreundliche Verkehrsmittel umsteigen;*
- *Die Verlagerung von Individualverkehr auf öffentlichen Verkehr macht nur Sinn, wenn dort moderne Technik zum Einsatz kommt;*
- *Ohne Mengenreduzierung und Geschwindigkeitsbegrenzungen sind Lärmbelästigungen durch den Straßenverkehr nicht zu vermeiden;*
- *Nur ein verändertes Mobilitätsverhalten der Menschen kann die Naturräume vor Zerschneidungen durch Schienen und Straßen schützen.*

Die Verkehrsmengen müssen drastisch sinken

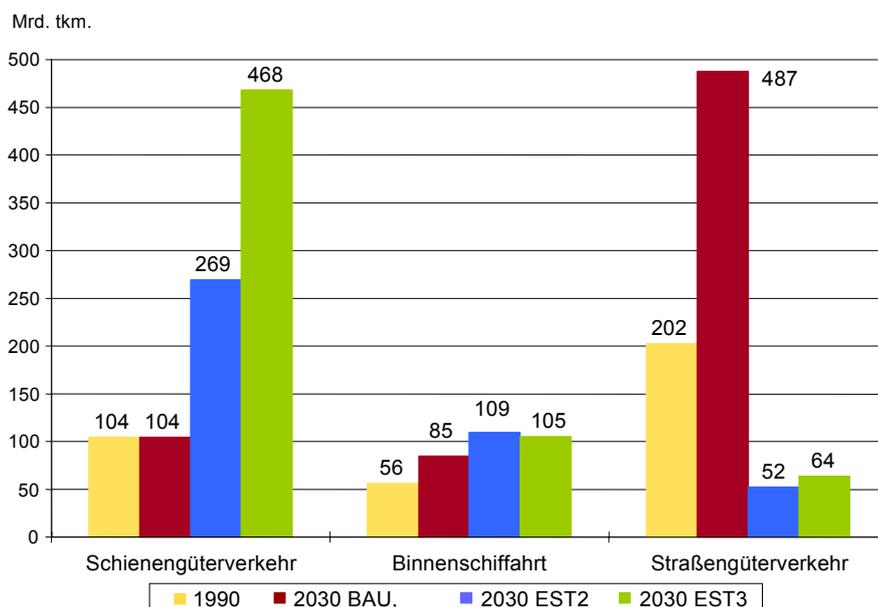
Auf einem rein technischen Weg – das heißt ohne Veränderung der Verkehrsmengen – können die Nachhaltigkeitsziele nicht effizient und nur auf sehr kostspielige Art und Weise erreicht werden. Hingegen müssen ohne die



Verkehrsleistungen im Personenverkehr



Forcierung der technischen Entwicklung hohe Mobilitätseinbußen in Kauf genommen werden. Die nachhaltige Verkehrsentwicklung sollte daher beides umfassen: innovative Technik und ein verändertes Verkehrsverhalten. Im Verkehrsmanagement-Szenario (EST2) müssen die Menschen ihre Mobilität deutlich einschränken, damit die Emissionsziele erreicht werden können. Die Personenverkehrsleistung verglichen mit 1990 wird um fast 40 Prozent reduziert, die Verkehrsleistung der Autos sogar um 80 Prozent. Die Güterverkehrsleistung insgesamt muss in EST2 um rund 25 Prozent herabgesetzt werden.



Verkehrsleistung im Güterverkehr

Während der Straßengüterverkehr um fast 75 Prozent zurückgeht, verdoppelt sich die Güterverkehrsleistung der Binnenschifffahrt annähernd und nimmt der Schienengüterverkehr um rund 150 Prozent zu.

Im Vergleich zu EST2 wird im Kombinations-Szenario (EST3) erheblich mehr Verkehr auf umweltfreundliche Verkehrsträger wie emissionsarme und sparsame Busse, Stadt- und S-Bahnen verlagert. Das bedeutet, die Menschen können genauso viele Kilometer in der Summe zurücklegen, wie 1990. Vorausgesetzt, sie steigen auf öffentliche Verkehrsmittel um, fahren mehr Rad und gehen häufiger zu Fuß. Deshalb muss sich die gesamte Personenverkehrsleistung gegenüber 1990 nur geringfügig verringern, um die Emissionsziele zu erreichen. Die Güterverkehrsleistung kann sogar um fast

20 Prozent zunehmen. Während die Verkehrsleistung im Autoverkehr in EST3 auf weniger als die Hälfte des Volumens von 1990 absinkt, steigt sie im öffentlichen Verkehr um rund 350 Prozent an. Beim Luftverkehr geht die Verkehrsleistung um etwa 40 Prozent gegenüber dem Ausgangswert zurück. Im Vergleich mit BAU muss im Kombinations-Szenario der Luftverkehr am stärksten verringert werden.

Moderne Abgasreinigung zeigt Wirkung

Als Folge der Backcasting-Methode werden die EST-Kriterien für die Schadstoffemissionen in allen EST-Szenarien erfüllt. Allerdings verteilen sich die verbleibenden Emissionen recht unterschiedlich auf die einzelnen Verkehrsträger. Der öffentliche Verkehr ist im Verkehrsmanagement-Szenario (EST2) der Haupt-Verursacher der betrachteten Emissionen. Dies zeigt deutlich die Grenzen der Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs auf die öffentlichen Verkehrsmittel, wenn hier nicht moderne Technik Einzug hält. Unter den Bedingungen von EST2 muss deshalb stärker zum Mittel der Verkehrsvermeidung gegriffen werden, um die Emissionsziele zu erreichen.

Dass der Einsatz von Abgasreinigung große Wirkung zeigt, verdeutlicht das Kombinations-Szenario (EST3). Trotz seiner viel größeren Verkehrsleistung verursacht der öffentliche Verkehr in diesem Szenario deutlich weniger Emissionen (vor allem NO_x und Partikel) als in EST2. Dennoch bleiben in EST3 die Busse, Stadt- und S-Bahnen Hauptverursacher der Emissionen.

Ziele beim Lärmschutz nur in EST3 erreichbar

Die Lärmentwicklung beim Straßen- und Schienenverkehr ist in den verschiedenen Lösungsstrategien der Szenarien nicht identisch. So bleiben im Technologie-Szenario (EST1) die Lärmbelastungen durch den Eisenbahnverkehr unterhalb von 55 dB(A). Damit ist das EST-Kriterium erfüllt. Hingegen wird beim Straßenverkehr das Ziel deutlich verfehlt. Im Verkehrsmanagement-Szenario (EST2) liegt die Lärmbelastung durch den Straßenverkehr deutlich unterhalb von 65 dB(A), möglicherweise sogar unterhalb von 55 dB(A). Beim Eisenbahnverkehr hingegen steigt der Anteil der Bevölkerung, der Lärmbelastungen oberhalb von 65 dB(A) ausgesetzt ist, von drei auf etwa 4,5 Prozent an, weil der Eisenbahnverkehr zunimmt und keine weitergehende Lärminderungstechnik eingesetzt wird.



Das kombinierte Szenario (EST3) ist das einzige Szenario, das Lärmbelastungen unterhalb von 65 dB(A) sowohl im Straßenverkehr als auch im Schienenverkehr sicherstellt. Das Kriterium von 55 dB(A) kann auch in EST3 nicht ganz eingehalten werden. Beim Schienenverkehr wird vor allem der angestrebte Wert von 45 dB(A) nachts noch deutlich überschritten. Deshalb muss hier mittels verkehrspolitischer Instrumente wie etwa Verlagerung auf andere Routen oder auch Geschwindigkeitsbegrenzungen dafür Sorge getragen werden, dass die Lärmbelastungen auf ein Niveau reduziert werden, das mit dem EST-Kriterium für Wohngebiete vereinbar ist.

	1990	BAU	EST1	EST2	EST3
Straßenlärm	16% der Bevölkerung sind Pegeln über 65 dB(A) ausgesetzt	16% der Bevölkerung sind Pegeln über 65 dB(A) ausgesetzt	4% der Bevölkerung sind Pegeln über 65 dB(A) ausgesetzt	keine Pegel über 65 dB(A)	keine Pegel über 65 dB(A)
Lärm durch Schienenverkehr	3% der Bevölkerung sind Pegeln über 65 dB(A) ausgesetzt	3% der Bevölkerung sind Pegeln über 65 dB(A) ausgesetzt	keine Pegel über 55 dB(A)	4,5% der Bevölkerung sind Pegeln über 65 dB(A) ausgesetzt	keine Pegel über 65 dB(A)

Auswirkung auf die Lärmbelastung

Verändertes Mobilitätsverhalten schützt Naturräume

Der Einsatz moderner Technik verhindert das Zerschneiden von Naturräumen durch Straßen oder Schienen nicht. Das zeigt das Technologie-Szenario (EST1). Die Verhältnisse im Verkehrsmanagement-Szenario (EST2) kommen der Vorstellung unzerschnittener naturnaher Räume und lebenswerter Städte am nächsten. Ähnliche Effekte auf die Flächennutzung für verkehrliche Zwecke sind im Kombinations-Szenario (EST3) zu erwarten. Neue Verkehrsinfrastruktur ist erforderlich, um die Zuwächse im Eisenbahnverkehr zu ermöglichen. Jedoch können bereits existierende Strecken und Trassen im Eisenbahn- und Straßenverkehr ausgebaut und umgenutzt werden. Es gibt keine weitere Zerschneidung naturnaher Räume. Da der Auto- und Lkw-Verkehr deutlich zurückgeht, sinkt der Bedarf an Straßeninfrastruktur; sie kann sogar teilweise zurück- oder umgebaut werden.

Maßnahmen für einen dauerhaft umweltgerechten Verkehr

Wie das „business-as-usual“-Szenario (BAU) gezeigt hat, werden die limitierten Emissionen des Straßenverkehrs trotz des erwarteten Anstieges der Fahrleistungen – insbesondere bei den Nutzfahrzeugen – künftig weiter zurückgehen. Zwar ist damit die Schadstoffproblematik noch nicht vollständig gelöst, doch zeichnet sich der Lösungsweg als Fortsetzung der bisherigen Politik deutlich ab. Für die CO₂-Emissionen und den Lärm gilt das jedoch nicht. Die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen sind daher vor allem auf die Lösung dieser beiden Probleme gerichtet.

Berücksichtigt wurden Maßnahmen, die bereits seit längerem in der Diskussion sind und deren Effekte daher überwiegend gut abschätzbar sind. Grundlage für die Aussagen in diesem Kapitel bildeten empirische Ergebnisse und Einschätzungen von Experten. Im Maßnahmen-Katalog nicht explizit angesprochen werden Regelungen wie etwa CO₂-Standards für Nutzfahrzeuge, Bahnen oder Schiffe. Diese lassen sich analog zu den CO₂-Standards für Pkw ableiten. Für alle Fahrzeugarten sind zudem Abgasgrenzwerte für NO_x und PM festzulegen, die eine Fortführung der bisherigen Politik darstellen. Außerdem konnten im Rahmen dieser Studie keine innovativen Ideen und Visionen – wie zum Beispiel Cargo-Lifter, Swissmetro oder windgetriebene Hochseeschiffe – entwickelt, ihre Anwendbarkeit analysiert und ihr Wirkungspotenzial abgeschätzt werden. Hier besteht noch hochaktueller Forschungsbedarf! (In Anhang 1 sind die *Instrumente und Maßnahmen für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung* aufgelistet.)

Weniger CO₂ durch Straßenverkehr

CO₂-Ausstoß bei Pkw begrenzen

Maßnahmen: CO₂-Grenzwerte und verbrauchsabhängige Kfz-Steuer

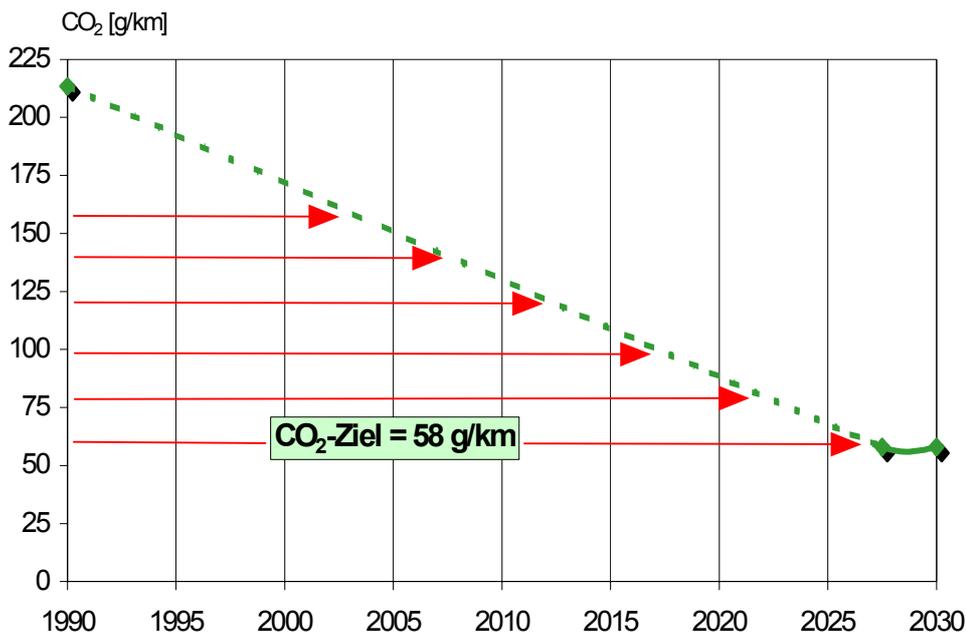
Wirkung: 75 Prozent weniger Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emission

Verantwortliche: EU-Kommission und Fahrzeughersteller

Das Kombinations-Szenario (EST3) geht von einer Pkw-Flotte mit einem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von 2,5 l/100km aus. Dieses Ziel lässt sich nur erreichen, wenn bindende CO₂-Grenzwerte implementiert



werden. Ähnlich wie bei den Abgasgrenzwerten für Luftschadstoffe lassen sich die Emissionsgrenzwerte schrittweise einführen (s. Abbildung unten). Auf die gleiche Weise lassen sich CO₂- wie NO_x- und PM-Grenzwerte für Nutzfahrzeuge, Bahnen und Schiffe festsetzen.



CO₂-Emissionen und CO₂-Grenzwerte für Pkw

Die Einführung von CO₂-Grenzwerten sollte von einer verbrauchsabhängigen Kfz-Steuer begleitet werden, damit gewährleistet ist, dass sich der gesamte Fahrzeugbestand in die vorgesehene Richtung entwickelt. Durch hohe Kfz-Steuern auf Fahrzeuge, deren Verbrauch deutlich über den Grenzwerten liegt, sollen Fahrzeugbesitzer davon abgehalten werden, Altfahrzeuge mit hohem Verbrauch zu behalten (Ausnahmen können für Oldtimer und andere Fahrzeuge mit vernachlässigbaren Fahrleistungen in Erwägung gezogen werden). In die gleiche Richtung wirkt die schrittweise Erhöhung der Mineralölsteuer (siehe Kapitel *Benzin verteuern, um Benzin zu sparen*).

Das EST-Szenario sieht die Einführung der ersten Stufe des CO₂-Grenzwertes mit einer breiten Streuung in Abhängigkeit vom Fahrzeuggewicht im Jahr 2002 vor. Damit wird den Herstellern zunächst noch die Möglichkeit gegeben, Fahrzeuge unterschiedlicher Größe zu produzieren. Im Fünfjahresrhythmus wird der Grenzwert verschärft. Als Alternative zur Abhängigkeit vom Fahrzeuggewicht ist es auch möglich, den CO₂-Grenzwert bezogen auf die Motorleistung oder die Fahrzeugkategorie (zum Beispiel

Kompaktklasse, Mittelklasse oder Vans) festzulegen. In jedem Fall sind die festgelegten Standards im Mittel über alle Neuwagen einzuhalten. Am Ende des Prozesses müssen schließlich alle Fahrzeuge – unabhängig von ihrem Gewicht, der Motorleistung oder der Fahrzeugkategorie – den Grenzwert einhalten, um eine Zulassung zu bekommen. Die Wirksamkeit der Maßnahme wird als sehr hoch eingeschätzt: Der Kraftstoffverbrauch und die Emission von CO₂ durch Pkw nehmen um mehr als zwei Drittel ab.

Verantwortlich für die Umsetzung dieser Maßnahme sind einerseits die EU-Kommission sowie die nationalen Regierungen und andererseits die Fahrzeugindustrie. Da die Hersteller versuchen werden, diese Grenzwerte zu verhindern oder aufzuweichen, ist es sehr wichtig, die Öffentlichkeit an den Verhandlungen über diese Maßnahme zu beteiligen. Denn nur wenn die Pkw strenge CO₂-Grenzwerte einhalten, wird es auch im Zuge eines nachhaltig umweltverträglichen Verkehrs möglich bleiben, Auto zu fahren.

Benzin verteuern, um Benzin zu sparen

Maßnahme: Verdoppelung der Kraftstoffkosten pro gefahrenen Kilometer im Jahr 2030

Wirkung: Halbierung der Fahrleistung der Pkw

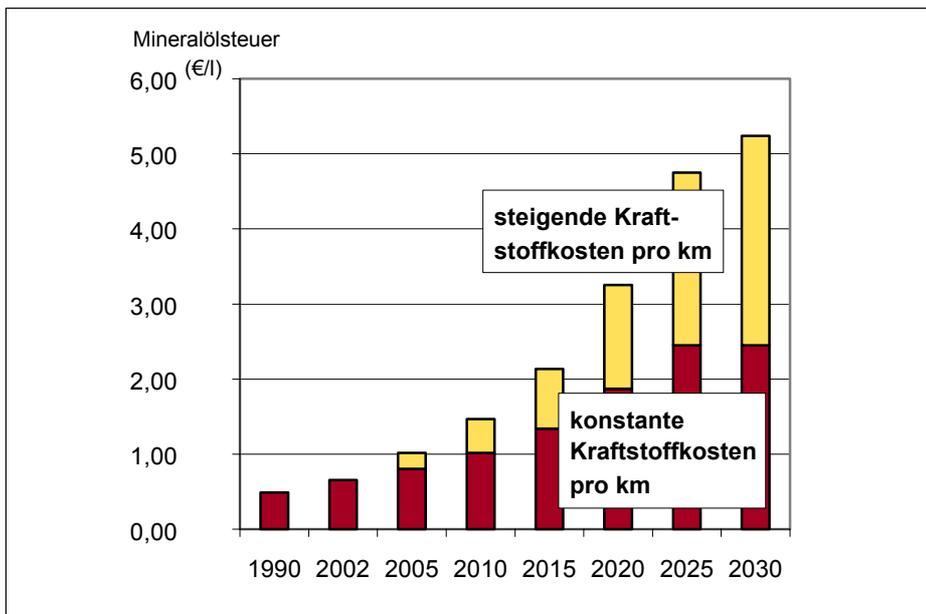
Verantwortlich: Die Bundesregierung

Die Mineralölsteuer gilt als eines der wichtigsten Instrumente zur Beeinflussung der Fahrleistungen des motorisierten Individualverkehrs. Die Steuer auf Benzin und Diesel beeinflusst aber nur indirekt die fahrleistungsbezogenen Kraftstoffkosten, da diese im gleichen Maße vom Verbrauch des Fahrzeugs abhängen. So beträgt in EST3 der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch von Pkw und Motorrädern nur 30 Prozent des heutigen Verbrauchs. Folglich muss die Mineralölsteuer entsprechend erhöht werden, um zu verhindern, dass die Kraftstoffkosten durch die Verbrauchsminderung sinken. Zusätzlich zu dieser Kompensation sollte die Mineralölsteuer allerdings weiter deutlich steigen, um einen wirksamen Rückgang der Fahrleistungen zu erreichen. Die Erhöhung der Fahrtkosten sollte schrittweise erfolgen. Dabei ist vorgesehen, die Mineralölsteuer von derzeit 0,56 € auf 5,37 € (von 1,10 DM auf 10,50 DM) bis zum Jahr 2030 anzuheben. Dies ist gleichzusetzen mit einer Erhöhung der absoluten Kraftstoffpreise von 0,92 € auf 5,73 € (von 1,80 DM auf 11,20 DM). Während der Spritpreis um mehr als das sechsfache steigt, werden sich die Kosten pro Kilometer aufgrund des signifikant sinkenden Verbrauchs nur verdoppeln (s. Abbildung auf der folgenden Seite). Die Wirkungen sind vielfältig: Steigende Benzin-



preise fördern die Nachfrage nach sparsamen Fahrzeugen, so dass die ‚Sprit-Schlucker‘ im Fahrzeugbestand schneller ersetzt werden. Wer sich zudem die kostspieligen Tankfüllungen nicht (immer) leisten kann und möchte, für den werden umweltverträglichere und tendenziell preiswertere Verkehrsträger wie ÖPNV (Öffentlicher Personennahverkehr) oder Rad- und Fußverkehr attraktiv. Allerdings nur unter der Voraussetzung, dass sowohl das ÖPNV-Angebot als auch die Bedingungen für den Fuß- und Radverkehr wesentlich verbessert werden.

Autofahrten zu entfernten Einkaufszentren auf der grünen Wiese lohnen sich bei hohen Kraftstoffkosten nicht. Der Vorteil kurzer Wege wird größer, so dass das Ausufern der Städte schließlich gebremst wird und verkehrsarme Siedlungsstrukturen an Attraktivität gewinnen.



Die zwei Komponenten der Mineralölsteuer

Fazit: Die Menschen sind seltener mit ihrem Auto unterwegs, so dass die Fahrleistungen der Pkw um rund 50 Prozent abnehmen werden. So schätzen die Experten die Wirkung dieser Maßnahme – basierend auf einer langfristigen Preiselastizität von $\epsilon = -0,45$ – ein (Storchmann 1993). (Den Berechnungen zur Mineralölsteuererhöhung liegt die Annahme zugrunde, dass der Preis für Rohöl annähernd konstant bleibt. Wenn die Ölpreise stark steigen, sollte die Steuererhöhung entsprechend niedriger ausfallen.)

Kostengerechtigkeit durch fahrleistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe

Maßnahme: Eine Schwerverkehrsabgabe, die sich nach Fahrleistung und Umweltstandard der Lkw richtet (max. 1,25 €/km = 2,50 DM/km)

Wirkung: Reduzierung des Straßengüterverkehrs im Vergleich zu 1990 um 50 Prozent – vorausgesetzt die Bahn verbessert ihr Angebot

Verantwortlich: Die Bundesregierung

Der Schwerlastverkehr zahlt heute nur einen Teil der durch ihn verursachten Infrastruktur- und Umweltkosten. Dies führt – zusammen mit ungleichen Wettbewerbsbedingungen für den europäischen Schienengüterverkehr – dazu, dass der Transport von Gütern auf den Straßen zunimmt, und zwar mehr als es volkswirtschaftlich sinnvoll ist. Die Schwerverkehrsabgabe muss so angelegt sein, dass sie sowohl die Fahrleistungen als auch die Umweltstandards wie etwa CO₂-Emission, Schadstoffausstoß und Lärmentwicklung des einzelnen Fahrzeugs widerspiegelt. Die Abgabe kann außerdem für empfindlichere Regionen höher und für weniger empfindliche Gebiete niedriger angesetzt werden. Unter Berücksichtigung dieser Komponenten kann die Abgabe individuell berechnet werden und ist dann zum Beispiel jährlich vom Fahrzeughalter/Transportunternehmer zu entrichten. Die Einführung der Schwerverkehrsabgabe ist schrittweise vorgesehen: Im Jahr 2002 soll diese Regelung mit 0,25 € (0,50 DM) – noch unabhängig vom Kraftstoffverbrauch und Emissionsniveau – eingeführt werden. Im Jahr 2010 steigt die Abgabe auf 0,50 € (1,00 DM) und im Jahr 2020 auf 1,00 € (2,00 DM). Das endgültig angestrebte Niveau von 1,25 € (2,50 DM) wird schließlich im Jahr 2029 erreicht. Ab 2020 zahlen die Besitzer von Fahrzeugen mit niedrigeren Verbrauchs- und Emissionswerten eine geringere Schwerverkehrsabgabe.

Die Höhe der fahrleistungsabhängigen Abgabe liegt in etwa auf dem Niveau der Mineralölsteuer für Pkw im Jahr 2030. Für den Straßengüterverkehr muss eine andere Maßnahme gewählt werden als für den Personenverkehr, weil beim grenzüberschreitenden Lkw-Transport die hohen Kraftstoffpreise im Inland durch Tanken in Nachbarländern umgangen werden können. Deutsche Transportunternehmer sollten dementsprechend die Mineralölsteuer teilweise rückerstattet bekommen, damit sie nicht doppelt zur Kasse gebeten werden. Auch wenn die Abgabe sehr hoch erscheint, ist sie nicht unrealistisch. So hat die Schweiz kürzlich eine Straßennutzungsabgabe für



Lkw beschlossen, die etwa 40 Prozent der für das Jahr 2030 angestrebten Schwerverkehrsabgabe beträgt.

Nach Einschätzung der Experten wirkt sich die Einführung dieser Maßnahme auf dreifache Weise aus: Es wird derjenige Güterverkehr vermieden, der sich durch die abgabebedingten, zusätzlichen Transportkosten wirtschaftlich nicht mehr lohnt. Der Gütertransport verlagert sich auf Bahn und Schiff, da die Preisrelation zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern verändert und die Wettbewerbsbedingungen von Bahn und Schiff verbessert werden. Außerdem schafft die Schwerverkehrsabgabe Anreize zur Nutzung emissionsarmer Lkw mit der Folge, dass Fahrzeughersteller fortschrittliche Fahrzeugtechnologien schneller entwickeln und auf den Markt bringen (mit positiven Effekten für den Arbeitsmarkt, insbesondere für die Forschung und Entwicklung).

Angenommen wird, dass diese Maßnahme die Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr – verglichen mit dem BAU-Szenario – um 50 Prozent reduziert. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine Verbesserung des Angebotes der Bahn. Zuständig für die Implementierung dieser Maßnahme ist in erster Linie die Bundesregierung. Betroffen von der Abgabe sind die Transportunternehmen, die produzierende Industrie, die Fahrzeughersteller, die Binnenschifffahrt und die Bahn.

Fairer Wettbewerb zwischen Straße und Schiene

Maßnahmen: Neue Gleise für den Güterfernverkehr, Einsatz moderner Technik für den Personenverkehr

Wirkung: Versetzt die Bahn in die Lage, massiv Verkehrsleistungen der Straße zu übernehmen

Verantwortliche: Bund, Länder, Bahn

Für den Personenfernverkehr muss das Schienennetz nur geringfügig erweitert werden. Für eine Kapazitätssteigerung ist es in diesem Bereich sinnvoller, sowohl moderne Informationstechnologien als auch moderne Zugkupplungssysteme für die Zusammenstellung von langen Zugverbänden zu nutzen.

Im Kombinations-Szenario (EST3) steigert die Bahn ihre Verkehrsleistung gegenüber 1990 um etwa 350 Prozent. Detaillierte Studien haben gezeigt, dass sich die Kapazitäten der Bahn zwar kurzfristig durch punktuelle Verbesserungen (Harmonisierung der Geschwindigkeiten oder den Einsatz von

Doppeldeckerwagons) verdoppeln lassen. (HaCon /Uni Hannover 1996). Um jedoch langfristig und in größerem Umfang den Güterverkehr von der Straße auf die Schiene verlagern zu können, ist der Personen- und Güterverkehr im Eisenbahnbetrieb zu trennen. Begleitend zum bestehenden Schienennetz müssen eigene Gleise für den Güterverkehr gebaut werden. Dies bedeutet eine Verdopplung des Netzes. Auch auf regionaler Ebene werden neue Strecken gebaut oder stillgelegte wieder in Betrieb genommen. Eigene Bahnanschlüsse für größere Firmen werden wieder zur Regel.

Während die Infrastruktur für den Transport von Personen und Gütern mit der Bahn und dem ÖPNV zu erweitern und effizienter zu gestalten ist, kann sich der Bau von Autobahnen auf die Beseitigung von kurzen Engpässen beschränken. Beim Straßenbau reicht die Instandsetzung des Vorhandenen aus. Um die natürlichen Ressourcen zu schonen und die Lebensqualität in den Städten zu verbessern, ist der Ausbaustandard von Autobahnen und Hauptverkehrsstraßen gegebenenfalls zu reduzieren. Wo es möglich ist, sollten Straßen zurückgebaut und rekultiviert werden.

Zukunftsfähige Verkehrsinfrastruktur planen

In einem nachhaltigen Verkehrssystem spielt die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur eine andere Rolle als heute: Einerseits müssen die Verkehrswege selbst so optimiert werden, dass schädliche Auswirkungen auf die natürlichen Ressourcen und die Lebensqualität in den Städten vermieden werden. Andererseits stellt die Gestaltung der Infrastruktur eine wesentliche Voraussetzung für ein nachhaltiges Verkehrssystem – beispielsweise für umweltfreundliche Verkehrsmittel – dar.

Um die Infrastruktur entsprechend planen zu können, muss der Entscheidungsprozess bei der Aufstellung des Bundesverkehrswegeplanes verändert werden. In einem Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes sind hierfür bereits neue Methoden entwickelt worden. Danach sind ökologische Ziele, wie sie zum Beispiel im Rahmen des EST-Projekts festgelegt wurden, der Ausgangspunkt für die nachhaltig umweltfreundliche Verkehrswegeplanung, ergänzt um ökonomische, soziale und finanzpolitische Ziele. Die geplanten Projekte werden zunächst einzeln unter Verwendung von so genannten Schattenpreisen mittels einer Kosten-Nutzen-Analyse evaluiert. Anschließend sind die Auswirkungen auf das gesamte, neue Netz unter Einbeziehung aller Verkehrsträger zu untersuchen.



Verkehrsberuhigung für alle

Maßnahmen: Tempo 30 in der Stadt, veränderte Straßenraumaufteilung zugunsten von Fußgängern, Fahrradfahrern und öffentlichen Verkehrsmitteln, lokale Verbote für Kraftfahrzeuge, Bevorzugung von umweltfreundlichen Verkehrsträgern

Wirkung: Acht Prozent weniger Verkehrsaufkommen in der Stadt, weniger Lärm und weniger Unfälle

Verantwortliche: In erster Linie die Kommunen. Die Bundesregierung für die Einführung der flächendeckenden Tempo 30-Regelung

Das Ideal der flächenhaften Verkehrsberuhigung ist die Stadt der kurzen Wege. Daher müssen Verkehrsberuhigungsstrategien dafür sorgen, dass multifunktional genutzte Quartiere möglichst erhalten bleiben und dass weitgehend monofunktionale Gebiete durch die Ansiedlung weiterer Nutzungen aufgewertet werden. Die Geschwindigkeit für Kraftfahrzeuge sollte in Städten und Ortschaften grundsätzlich auf 30 km/h begrenzt werden. Nur in begründeten Ausnahmefällen sind höhere Geschwindigkeiten dann noch zulässig. Die Wirkung: Die Zahl der schweren Unfälle und Unfälle mit Todesopfern sinkt. Andere Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, Rad- und Rollerfahrer oder Skater) können die Straßen besser nutzen und die Lärmbelastung für die Anwohner sinkt. Eine veränderte Straßenraumaufteilung zugunsten von Fußgängern, Fahrradfahrern und öffentlichen Verkehrsmitteln, unter anderem auch durch den Abbau von Kfz-Stellplätzen, schafft Platz für mehr Grün im Straßenraum und attraktive Aufenthaltsorte. Ergänzend können für motorisierte Fahrzeuge lokale Verbote erhoben werden, während emissionsarme Fahrzeuge sowie Pkw mit mehreren Insassen oder von Car-Sharing-Unternehmen bevorzugt werden. Es wird geschätzt, dass der Pkw-Verkehr in der Stadt aufgrund dieser Maßnahmen um etwa acht Prozent zurückgeht. (Citair 1998). Sie sollten in allen Städten durchgeführt und dabei von einzelnen Wohngebieten auf das ganze Stadtgebiet ausgedehnt werden. Die flächenhafte Verkehrsberuhigung erfordert eine detaillierte Planung mit einer umfassenden Öffentlichkeitsbeteiligung. Dafür verantwortlich sind in erster Linie die Kommunen. Aufgabe der Bundesregierung ist die flächendeckende Tempo 30-Regelung. Die Verlangsamung des Autoverkehrs in der Stadt in Verbindung mit der Umgestaltung des Verkehrsraumes könnte bis zum Jahr 2010 vollständig realisiert sein. Einzelne Maßnahmen, wie die allgemeine Einführung von Tempo 30 in Ortschaften, ist innerhalb von fünf Jahren durchzuführen.

Mobil sein ohne Auto – den Öffentlichen Personennahverkehr attraktiver gestalten

Maßnahmen: Flächendeckende Angebote des ÖPNV sowie kurze Taktzeiten und transparente Tarifgestaltung

Wirkung: MIV auf ÖPNV verlagern

Verantwortliche: Länder, Kommunen, Verkehrsbetriebe

Im gleichen Maße, wie der Pkw-Verkehr durch Restriktionen verringert wird, müssen die Angebote im Öffentlichen Personennahverkehr verbessert werden. Um jedermann den Zugang zum ÖPNV garantieren zu können, müssen das ÖPNV-Netz ausgeweitet und die Taktfrequenzen erhöht werden. Bahn- und Busverkehr sind effektiv miteinander zu verknüpfen. Flexible Bedienungsformen wie Anruf-Busse und Anruf-Sammeltaxen können in dünn besiedelten Gebieten oder zu nachfrageschwachen Zeiten das Angebot weiter verbessern.

Voraussetzung für die effektive Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist eine gewisse Siedlungsdichte. Daher ist es wichtig, den Trend zur Zersiedlung zu stoppen. Mit Hilfe von Busspuren und Vorrangschaltungen an Ampeln für Busse und Straßenbahnen lässt sich der öffentliche Verkehr zu Lasten des Pkw-Verkehrs beschleunigen – vor allem, solange die Straßen noch durch Pkw-Staus blockiert sind. Gleichzeitig wird dem Autofahrer der Vorzug der öffentlichen Verkehrsmittel vor Augen geführt. Die Zugangsbarrieren zum ÖPNV müssen möglichst weit abgebaut werden: Dazu gehören sowohl umfassende, leicht verständliche Informationen über Verbindungen, Fahrpläne und Tarife als auch so genannte Mobilitätsmanagementzentralen zur persönlichen Beratung über alle Verkehrsmittel und -angebote. Ebenso wichtig ist die attraktive Gestaltung von Bushaltestellen und Bahnhöfen. Das Umsteigen sollte komfortabel sein, mit möglichst kurzen Wegen und direkten Anschlüssen.

Betrachtet man diese Maßnahmen zur Förderung des ÖPNV für sich, so fällt der prognostizierte Effekt mit zwei bis drei Prozent bezogen auf die Verkehrsleistung in den Städten eher gering aus. Sie gewinnen jedoch erheblich an Bedeutung, wenn sie in Zusammenhang mit den allgemeinen Restriktionen des MIV (Motorisierter Individualverkehr) und dem Anstieg der Pkw-Kosten im Besonderen gesehen werden. Wie mehrere Beispiele in Städten in der Schweiz und in Deutschland zeigen, lässt sich mit Attraktivitätssteigerungen des ÖPNV der Anstieg des MIV bereits heute zumindest stoppen.



Die Verbesserungen im öffentlichen Personennahverkehr müssen so früh wie möglich eingeleitet werden, weil sie die Akzeptanz der Öffentlichkeit für eine Kurswende hin zu einer nachhaltigen Entwicklung im Verkehrssektor erhöhen. Um ein koordiniertes Handeln zu gewährleisten, sind Absprachen zwischen allen Beteiligten (Bundesregierung, Länder, Kommunen und Verkehrsbetriebe) erforderlich. Eine Reihe von Maßnahmen wie Vorrangschaltungen an Ampeln, Busspuren, bessere Fahrgastinformationen können mit sofortiger Wirkung umgesetzt werden und sind nicht sehr kostenintensiv. Die Mobilitätsmanagementzentralen können in der Anfangsphase durch ein Subventionsprogramm unterstützt werden, sollen sich aber langfristig selbst finanzieren. Die Erhöhung der Taktfrequenz und eine Ausweitung des ÖPNV-Netzes kann nicht allein von den Verkehrsbetrieben getragen werden, sondern stellt eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe dar. Sie sollten schrittweise erfolgen, begleitet und unterstützt durch die restriktiven Maßnahmen zur Verminderung des MIV. Um Ineffizienzen zu vermeiden, sollten öffentliche Gelder nach dem Prinzip des Least Cost Planning verteilt werden. Mit der wachsenden Zahl der Benutzer und steigenden Einnahmen könnten die Subventionen langfristig reduziert werden.

Die Bahn mit Service

Maßnahmen: *Aufbau bahneigener Service- und Logistikzentren, Verbesserung der Schnittstellen zwischen Schiene und Straße*

Wirkung: *Über die Wirkungen lassen sich derzeit keine Aussagen treffen*

Verantwortliche: *Bund und Bahn*

Da der Straßenverkehr verteuert wird, ist zu erwarten, dass der Anteil der Bahn am Verkehrsaufkommen steigt. Die höhere Nachfrage macht das Angebot der Bahn profitabler. Mit dem Aufbau von Service- und Logistikzentren lässt sich der Frachttransport von Tür zu Tür organisieren. Ihre Aufgabe ist der Verkauf von Transportserviceleistungen an Unternehmen. Die verkauften Transportleistungen werden dann an Transportunternehmer im Straßen- und Schienengüterverkehr vergeben.

Die Logistik des Güterverkehrs bei der Bündelung und Distribution ist weiter zu verbessern und ein zusammenhängendes System für den kombinierten Güterverkehr auf Straße und Schiene aufzubauen. Wie sich der Verkehrsträgerwechsel zwischen Straße und Schiene weiter vereinfachen und beschleunigen lässt, ist noch zu erforschen beziehungsweise zu entwickeln.

Die bundeseinheitlichen Sicherheitsbestimmungen zum Bau und Betrieb von Bahnen sollten so überarbeitet werden, dass sie eine größere Flexibilität bei technischen Lösungen erlauben. Außerdem ist freier Zugang zu den Schienenwegen zu gewährleisten, um Wettbewerb sicherzustellen.

Die Bundesregierung hat den Erfolg der 1994 begonnenen Deregulierung der Bahn zu kontrollieren, die einen Wettbewerb auf dem Bahnsektor ermöglichen soll. Für die Verbesserungen beim Service der Bahn sind in erster Linie die Bahngesellschaften selbst verantwortlich. Aufgabe der EU-Kommission ist es, das Eisenbahnwesen in Europa zu harmonisieren, um den grenzüberschreitenden Bahnverkehr zu erleichtern (zum Beispiel Angleichung der entsprechenden nationalen Regelwerke). Institutionen der EU könnten begleitend Foren für die nationalen Bahngesellschaften schaffen, in denen technische Fragen (wie etwa die Stromversorgung oder Kupplungssysteme) abgestimmt und standardisiert werden können.

Globale Wirtschaft – lokale Wirtschaft

Maßnahme: Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe

Wirkung: Verringerung des Straßengüterverkehrs um fünf Prozent

Verantwortliche: EU, Bund, Länder

Die deutlichen Preissteigerungen im Transportsektor werden langfristig Folgen haben: Wirtschaft und Gütertausch verändern sich in Richtung weniger verkehrsintensiver Strukturen. Die Schaffung und Intensivierung regionaler verkehrsarmer Wirtschaftskreisläufe bedarf darüber hinaus aber über einen Zeitraum von etwa zehn Jahren weiterer Unterstützung. Die räumliche Nähe zwischen Produktion und Absatzmarkt kann in einigen Wirtschaftszweigen, insbesondere für die Landwirtschaft und einige Sparten des Handels, durch geförderte Projekte auf nationaler, Länder- und kommunaler Ebene unterstützt werden. Außerdem sind die Subventionen und Förderprogramme auf EU-, nationaler oder Länderebene zum Ausgleich von regionalen Ungleichheiten in der wirtschaftlichen Entwicklung darauf hin zu überprüfen, ob sie zur Verkehrsvermeidung beitragen oder zusätzlichen Verkehr induzieren. Subventionen sind bevorzugt an Unternehmen und Organisationen zu vergeben, die sich um Verkehrsvermeidung bemühen. Die Überprüfung und die Änderung der Förderpraxis ist bis 2007 durchführbar. Mit diesen Maßnahmen lässt sich der Straßengüterfernverkehr nach grober Schätzung um fünf Prozent reduzieren. (Kindermann 1997; Scherer, Roland 1997)



Warum in die Ferne schweifen... – Naherholung statt Fernreise

Maßnahmen: Verstärkte Ausweisung von Naturschutzgebieten, Sicherung verkehrsarmer Ausflugsziele in Ballungsräumen

Wirkung: Erhöhung der Attraktivität der Nah-Erholung

Verantwortliche: Bund, Länder, Gemeinden, Fremdenverkehrsämter

Will man den Flugverkehr langfristig deutlich reduzieren, müssen als Alternative zu den Fernreisen die Nah-Erholungs-Gebiete attraktiver werden. Ursprüngliche, naturbelassene Landschaften verfügen über einen besonderen touristischen Reiz. So ist die Ausweisung und die Entwicklung von Naturschutzgebieten durch Bundes- und Länderbehörden verstärkt zu betreiben. Bestehende Gebiete dürfen nicht beschnitten werden. Im Einzugsgebiet von Städten und Ballungsgebieten sind verkehrsarme Erholungsräume durch entsprechende kommunale Raumplanung zu sichern.

Um eine Zunahme des Pkw-Verkehrs in den Fremdenverkehrsregionen zu vermeiden, sollte das touristische Marketing in Zusammenarbeit mit den örtlichen Mobilitätsmanagement-Zentralen erfolgen. Die hierfür anfänglich notwendigen Subventionen können mit der Zeit reduziert oder gestrichen werden. Diese Maßnahmen sind als Ausgleich zu den Restriktionen und Verteuerungen im motorisierten Verkehrsbereich zu sehen. Sie helfen mit, die Akzeptanz eines nachhaltigen Verkehrssystems zu erhöhen und vermeiden oder mindern Unzufriedenheiten. Sie sind als Teil der Kampagne zu sehen, mit der die Akzeptanz der Idee des dauerhaft umweltgerechten Verkehrs in der Öffentlichkeit gefördert wird.

Verdichten statt Streuen – verkehrsarme Siedlungsstrukturen

Maßnahmen: Integrierte Raum- und Verkehrsplanung, Verbesserung der regionalen Kooperation, Abgaben auf den Flächenverbrauch und Parkplatz-Steuer

Wirkung: Abnahme der Verkehrsleistungen um zehn bis 15 Prozent

Verantwortliche: Bund, Kommunen, Verkehrsbetriebe

Um verkehrsarme Strukturen zu schaffen, müssen Siedlungs- und Verkehrsplanung integriert und muss die regionale Zusammenarbeit verbessert werden. Die verkehrsarmen Strukturen sind in den lokalen und regionalen Entwicklungsplänen entsprechend den Umweltprinzipien des Bau- und

Raumordnungsrechtes zu verankern. Auf diese Weise lässt sich der verhängnisvolle Wettbewerb zwischen den Kommunen um neue Ansiedlungen reduzieren und der Suburbanisierung des Stadtumlandes sowie der Ansiedlung von Gewerbegebieten und Einkaufszentren "auf der grünen Wiese" entgegenwirken. Gleichzeitig lassen sich damit naturnahe Landschaften besser schützen.

Mit Abgaben auf den Flächenverbrauch bei Neubebauungen soll eine höhere Siedlungsdichte erreicht werden. Dem Vorschlag von Apel, Henckel et al. (Berlin 1995) folgend, werden Abgabensätze vorgeschlagen, die sich aus zwei Komponenten zusammensetzen: ein Prozent des Bodenrichtwertes plus zwei DM für den Flächenverbrauch durch Wohnbebauung und bis zu vier DM für gewerbliche oder industrielle Flächennutzung pro Quadratmeter und Jahr. Steuern auf Parkflächen verringern die Zahl der Parkplätze und reduzieren damit den Flächenverbrauch. Zusätzlich wird durch die Besteuerung von Parkraum auch der Wettbewerbsvorteil von Einkaufszentren auf der grünen Wiese verringert. Für Parkmöglichkeiten wird eine Anfangsbesteuerung von 100 DM pro Parkplatz und Jahr vorgeschlagen. Falls die Maßnahme wider Erwarten nicht zu erkennbaren Effekten führt, sollte der Steuersatz zumindest für kommerzielle und industrielle Parkflächen erhöht werden.

Diese Maßnahmen sollten begleitet werden von einer Reform der Bauordnungen der Länder. Insbesondere die Verpflichtung, bei jedem Neubau entsprechende Parkmöglichkeiten zu schaffen, ist aufzuheben. Für den Wohnungsneubau sollten größere Bebauungsdichten ermöglicht werden. Um die Einschränkungen bei Neuansiedlungen zu kompensieren, ist die Wohnqualität in den Städten durch Stadterneuerungsprogramme der öffentlichen Hand zu verbessern. Abgaben auf den Flächenverbrauch beim Neukauf von Bauland und eine Besteuerung von neu gebauten Parkmöglichkeiten könnten innerhalb einer Periode von fünf Jahren durch die Bundesregierung eingeführt werden.

Die Veränderung von Raumstrukturen ist ein sehr langsamer Prozess. Daher ist es um so wichtiger, so früh wie möglich die hierfür erforderlichen Maßnahmen einzuleiten. Eine Voraussetzung für die Planung verkehrsarmer Siedlungsstrukturen ist die Verbesserung der regionalen Zusammenarbeit. Da hierdurch die verfassungsmäßigen Rechte der Kommunen betroffen sind, ist mit größeren Schwierigkeiten bei der Umsetzung dieser Forderung zu rechnen. Bevor jedoch entsprechende rechtliche Schritte unternommen werden, ist zunächst eine Phase der Diskussion und Überzeugungsarbeit



einzuweisen. Für die Umsetzung sind insgesamt etwa zehn Jahre vorgesehen. Der Effekt dieser Maßnahmen auf die Abnahme der Verkehrsleistungen wird auf 10 bis 15 Prozent geschätzt. (Enquete-Kommission 1994)

Sonne, Wind und Wasser – die Stromquellen der Zukunft

Maßnahme: *CO₂-abhängige Energiesteuer*

Wirkung: *Minderung des CO₂-Ausstoßes um mehr als 80 Prozent, die Hälfte des erzeugten Stroms wird aus erneuerbaren Energieträgern gewonnen*

Verantwortlich: *der Bund*

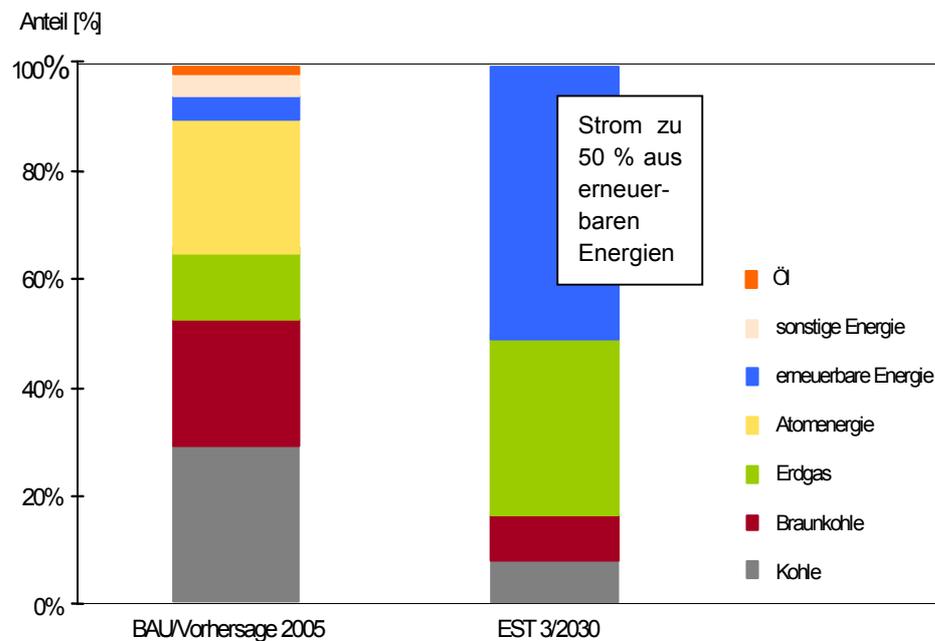
Ein Drittel aller Personenkilometer und ein Viertel aller Tonnenkilometer werden nach dem Kombinations-Szenario (EST3) im Jahr 2030 mit Hilfe von elektrischer Energie erbracht. Daher muss im Rahmen einer nachhaltigen umweltverträglichen Verkehrsentwicklung auch die Frage nach der Erzeugung des hierfür erforderlichen Stroms berücksichtigt werden.

Der Einsatz regenerativer Energiequellen und die Kraft-Wärme-Kopplung werden bereits durch die Deregulierung des europäischen Strommarktes im Rahmen des Energiewirtschaftsgesetzes erleichtert. Vor allem wird der Einsatz von nicht-fossilen Energien durch die Festsetzung von Mindestpreisen, die die Stromversorger für die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz zahlen müssen, gefördert.

Die deutsche Energiesteuer zielt im Prinzip ebenfalls auf eine Reduzierung des Einsatzes fossil erzeugter Energie und fossiler Brennstoffe ab. Aber da sich die so genannte Ökosteuernicht nach der Höhe der CO₂-Emissionen richtet, wird Strom aus regenerativen Energiequellen genauso hoch besteuert wie Strom aus konventionellen Kraftwerken mit Einsatz fossiler Brennstoffe.

Wird die Energiesteuer nach der Höhe der CO₂-Emissionen berechnet, so ist davon auszugehen, dass die Industrie ihrerseits mit entsprechenden Maßnahmen reagiert, um den CO₂-Ausstoß bei der Erzeugung von Energie zu reduzieren. Dazu gehört der vermehrte Einsatz des kohlenstoffarmen Energieträgers Erdgas in Blockheizkraftwerken sowie von Gas- und Dampf Kraftwerken (GuD). Der Wirkungsgrad von Kraftwerken kann auf bis zu 70 Prozent durch Kombination von erdgas- oder kohlegetriebenen Dampfprozessen mit Gasturbinen erhöht werden. Mit Hilfe besserer Turbinengeometrie wird

der Wirkungsgrad der Dampfprozesse gesteigert. Der Bau von Blockheizkraftwerken auf Basis von Erdgas und unter Einsatz verschiedener Energiewandlungsprozesse wie etwa Mikroturbinen, Brennstoffzellen oder Gasmotoren, erlaubt der stromerzeugenden Industrie sogar, in den Wärmemarkt und ins Ausland zu expandieren. Basiert die Energiebesteuerung auf den CO₂-Emissionen, so wachsen die Energieerzeuger, die bereits „grüne“ Energie aus anderen Ländern wie Norwegen, Dänemark oder Südeuropa zum Weiterverkauf in Deutschland beziehen. Und die „grünen“ Energieerzeuger re-investieren ihre Gewinne in neue Projekte zur CO₂-Reduktion und in den Einsatz erneuerbarer Energien. Mineralölfirmen investieren in Offshore-Windkraftwerke.



Anteile verschiedener Energieträger an der Stromerzeugung

Ziel einer CO₂-abhängigen Energiesteuer ist in jedem Fall der effizientere Einsatz fossiler Brennstoffe sowie der Bau von Kraftwerken auf der Basis nicht-fossiler Energieträger wie Wind, Biomasse, Sonne, Wasser oder Geothermie. Für eine Übergangszeit ist der Import von Strom aus erneuerbaren Energiequellen zum Beispiel durch vorhandene und neue Hochspannungsgleichstrom-Übertragung mit minimalen Verlusten vorstellbar. Im Ergebnis soll eine Struktur der Stromerzeugung mit einem Anteil von erneuerbaren Energieträgern von bis zu 50 Prozent erreicht werden. Schon der Einsatz



von Erdgas in konventionellen Kraftwerken führt im Vergleich zur Verfeuerung von Kohle zu einer spezifischen CO₂-Reduktion von 45 Prozent. In der Summe erreicht die neue Kraftwerksgeneration eine CO₂-Reduktion von mehr als 80 Prozent.

Als Zeithorizont wird das Jahr 2030 angesetzt. Die ersten Schritte (Energiesteuer, Förderprogramme für Kraftwerke auf Basis erneuerbarer Energien und Wirkungsgradverbesserungen bei fossilen Kraftwerken) sind sofort einzuleiten.

Die Deregulierung des europäischen Strommarktes

Fast ein Viertel der in Deutschland verbrauchten elektrischen Energie wird heute schon direkt oder indirekt für Mobilität verwendet, etwa für die Herstellung von Straßenfahrzeugen oder für den Fahrstrom von Eisen- und Straßenbahnen.

Die Deregulierung des europäischen Strommarktes durch das Energiewirtschaftsgesetz verändert den Markt der Stromerzeugung und -versorgung dahingehend, dass Energie preiswerter wird. Kurzfristig hat das zur Folge, dass der Billigstrom von alten oder früher subventionierten Kohlekraftwerken in Deutschland oder anderen west- oder osteuropäischen Staaten produziert wird. Auch Strom aus Kernkraftwerken stellt eine der kurzfristigen Billigoptionen dar, solange hier externe Kosten wie die Entsorgung der radioaktiven Abfälle nicht vollständig eingerechnet werden. Langfristig könnte eine preiswerte Stromproduktion durch erdgasbetriebene Kraftwerke mit niedrigen Investitionskosten erfolgen. Gasturbinen mit Dampfkopplung (GuD-Kraftwerke) erreichen einen Wirkungsgrad von mehr als 57 Prozent und emittieren deutlich weniger CO₂ als herkömmliche Kraftwerke.

Auf der anderen Seite ermöglicht die Deregulierung des Strommarktes auch den gezielten Bezug von Strom „grüner“ Energieerzeuger. Diese können Strom aus regenerativen Energiequellen anderer Länder wie etwa aus norwegischen Wasserkraftwerken, deutschen oder dänischen Windkraftwerken oder Solarstrom aus Südeuropa beziehen. Grüne Energie aus nicht-fossilen Quellen kann schon heute billiger sein als der auf dem heutigen deutschen Energiemix basierende Strompreis.

Bei diesen Möglichkeiten ist jedoch zu bedenken, dass nicht-fossile Brennstoffe und regenerative Energiequellen nur dann einen wirksamen Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz liefern können, wenn die Energie effizient genutzt wird, das heißt wenn deutliche Einschnitte beim Primärenergieeinsatz erreicht werden. So stieg zwar zum Beispiel die Stromproduktion aus Windkraft von 1995 im Vergleich zu 1994 um 60 Prozent, aber der absolute Zuwachs des Stromverbrauchs lag um das 15-fache über den so produzierten Strommengen, so dass die Steigerung der Windkraftproduktion überkompensiert wurde.

Lärminderung

Maßnahmen: Senkung der Lärmgrenzwerte für neue Verkehrswege und Fahrzeuge, Einführung von Lärmgrenzwerten für bestehende Verkehrswege, geräuscharme Straßenbeläge und Schienen, passiver Schallschutz, Verkehrsberuhigung

Wirkung: Reduzierung des Lärmpegels innerörtlich um 16 bis 18 dB(A)

Verantwortliche: Bund, EU für Grenzwerte, Kommunen für verkehrsregulierende Maßnahmen

Als EST-Kriterium für die Reduzierung der Lärmbelastung durch den Straßen- und Schienenverkehr wurde festgelegt, dass in bewohnten Gebieten Lärmpegel von 55 dB(A) am Tag und 45 dB(A) während der Nacht nicht überschritten werden dürfen.

Um diese Zielwerte zu erreichen, sollten die Lärmgrenzwerte für neue oder wesentlich geänderte Verkehrswege – möglichst schon in dieser Legislaturperiode bis 2002 – gesenkt werden, damit nicht noch neue Sanierungsfälle entstehen. Der Beitrag dieser Maßnahme ist zwar gering, weil nur noch wenige Verkehrswege neu gebaut werden. Durch eine sorgfältige Verkehrswegeplanung, Schallschutzmaßnahmen an den Verkehrswegen (Verwendung von lärmarmen Straßenbelägen oder Gleiskonstruktionen) zusammen mit der Nutzung des technischen Minderungspotentials der Fahrzeuge lassen sich die Zielkriterien einhalten.

Die Lärmsanierung an bestehenden Verkehrswegen ist nur langfristig und in Kombination mit der erfolgreichen Umsetzung anderer Maßnahmen möglich. Die Senkung der Grenzwerte sollte in mehreren Schritten erfolgen. Im ersten Schritt sind zunächst einmal die Lärmgrenzwerte für bestehende

	Jahr	Grenzwert [dB(A)]
Pkw	2002	71
	2007	68
	2012	65
	2017	62
Lkw	2002	78
	2007	76
	2012	74
	2017	72

Verkehrswege in das deutsche Umweltrecht einzuführen. Vorgeschlagen wird ein nationales Lärminderungsprogramm beginnend mit einem Lärmgrenzwert von 65/55 dB(A) im Jahr 2010 und einer stufenweisen Reduzierung bis 2030 auf 55/45 dB(A).

Für Straßenfahrzeuge müssen die bestehenden Lärmgrenzwerte schrittweise verschärft werden.

Lärmgrenzwerte für Straßenfahrzeuge

Ziel dabei ist es, dass das Motorengeräusch die Gesamtschallemission beim Fahren nicht länger signifikant beeinflusst. Gleichzeitig ist es erforderlich,



die Abrollgeräusche der Straßenfahrzeuge zu mindern. Ab 2002 soll eine Senkung des Reifengeräusches um drei dB(A) und ab 2007 um sechs dB(A) vorgeschrieben werden. Für die Fahrbahnoberflächen wird eine Lärmreduktion um fünf dB(A) außerorts und um drei dB(A) innerorts ab 2002 vorgeschlagen.

Für Schienenfahrzeuge existieren bis heute keine Lärmgrenzwerte. Die notwendigen Reduzierungen der Lärmpegel sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Diese Ziele lassen sich für annähernd das gesamte Eisenbahnnetz realisieren. Zusätzlich ist das hochbelastete Netz durch Schienenschleifen in einen optimal glatten Zustand zu bringen. Lokal werden zusätzlich sekundäre Schallschutzmaßnahmen notwendig sein.

Erster Schritt ab 2002 (2008 für Altfahrzeuge)	- 10 dB(A) - 5 dB(A)	für Güter- und Personenwagons mit Graugussklotzbremsen (neue und alte Fahrzeuge) für alle anderen Fahrzeuge, ausgenommen ICE /99 (neue und alte Wagons)
Zweiter Schritt ab 2007 (2013 für Altfahrzeuge)	zusätzlich - 8 bis -10 dB(A)	für alle Fahrzeugkategorien durch Abschirmmaßnahmen

Reduktion der Lärmemission von Schienenfahrzeugen

Mit den oben dargestellten Maßnahmen lässt sich die gerade in Städten kritische Lärmbelastung insgesamt um etwa neun dB(A) (spätestens ab 2027) vermindern. Die Lärmemissionen des Straßenverkehrs (insbesondere die Abrollgeräusche) können um zusätzliche drei dB(A) abgesenkt werden, wenn die zulässige Höchstgeschwindigkeit innerorts auf 30 km/h begrenzt und durch verkehrsberuhigende Maßnahmen ein gleichmäßiger Verkehrsfluss erreicht wird. Zusammen mit der Minderung der Fahrzeug-, Reifen- und Fahrbahngeräusche ergibt sich damit eine mittlere Reduzierung des innerörtlichen Lärmpegels von zwölf dB(A). Nicht zu vergessen ist, dass ein weiterer Lärmrückgang durch die Reduzierung des Verkehrsaufkommens und die Veränderung des Modal split zu erwarten ist: Im EST3-Szenario sinkt das innerstädtische Pkw-Verkehrsaufkommen auf 25 Prozent und das Lkw-Verkehrsaufkommen auf 40 Prozent der Werte von 1990. Dies führt zu einer Minderung der Lärmbelastung von vier bis sechs dB(A) in Abhängigkeit vom Lkw-Anteil.

Falls die festgelegten Grenzwerte für bestehende Straßen nicht durch lärmreduzierende Maßnahmen an Fahrzeugen, den Rückgang des Verkehrsaufkommens oder die Veränderung des Modal split erreicht werden, sind se-

kundäre Schallschutzmaßnahmen wie Schallschutzwände oder -fenster erforderlich. Dies würde allerdings neben sehr viel höheren Kosten und der Zerschneidung von Quartieren auch dazu führen, dass der Bereich außerhalb von Gebäuden nur unzureichend vor Lärm geschützt ist und damit die Aufenthaltsqualität im Freien sinkt.

Für die Einführung der Lärmgrenzwerte sind der Bundestag und die Bundesregierung zuständig. Die Festlegung von Produktstandards, wie zum Beispiel Emissionsgrenzwerte, liegt bei der EU. Die verkehrsregulierenden Maßnahmen müssen von den Kommunen umgesetzt werden.



Reduzierung der Umweltbelastungen durch den Flugverkehr

Der Flugverkehr bereitet voraussichtlich die größten Probleme bei der Einhaltung der EST-Kriterien. Von allen Verkehrsträgern weist er die höchsten Wachstumsraten auf. Bisher wurden jedoch kaum technische Fortschritte bei der Minderung der spezifischen Emissionen erreicht. Um in diesem Bereich wesentliche Veränderungen in Richtung nachhaltiger Verkehrsentwicklung zu erreichen, sind einschneidende politische Änderungen notwendig.

Emissionsgrenzwerte für neue Flugzeuge

Maßnahmen: Einführung von Emissionsgrenzwerten sowie eine neue Zertifizierungsmethodik für Triebwerke in Abhängigkeit von Transportleistung und Flughöhe, Nachrüstungsprogramme für alte Maschinen, verschärfte Lärmgrenzwerte

Wirkung: Emissionsminderung von NO_x um 70 Prozent und von CO₂ um 50 Prozent im Vergleich zu heutigen Werten

Verantwortliche: Bund, EU, Internationale Staatengemeinschaft, Internationale Organisation für den zivilen Luftverkehr (ICAO)

Im ersten Schritt sollten für neue Flugzeugtriebwerke strenge Grenzwerte für die Emission von NO_x (minus 50 Prozent innerhalb von zehn Jahren), CO₂ und andere Schadstoffe festgelegt werden. Im zweiten Schritt ist eine neue Zertifizierungsmethodik einzuführen, bei der die Triebwerkkombination auf Basis der Transportleistung (Personenkilometer oder Tonnenkilometer) und der Reishöhe zertifiziert wird. Nur mit einer solchen Methodik lässt sich sicherstellen, dass tatsächlich die Emissionen pro Kilometer sinken. Das Ergebnis: die NO_x-Emissionen für neue Flugzeuge werden um 70 Prozent und die CO₂-Emissionen um 50 Prozent im Vergleich zu heute gemindert. Mit Hilfe weiterer Nachrüstprogramme, unterstützt durch ökonomische Anreize, werden mindestens 50 Prozent der in Deutschland operierenden Flugzeugflotte diese Anforderungen erfüllen.

Die bereits bestehenden Lärmgrenzwerte müssen ebenfalls verschärft werden. Auch hier ist durch ein Nachrüstprogramm sicherzustellen, dass ältere Flugzeuge die für den Bereich von Flughäfen festgelegten Umweltstandards einhalten. So sind sie zumindest vorübergehend weiter einsetzbar.

Ökonomische Maßnahmen

Maßnahmen: Erhebung einer Mineralöl- und Mehrwertsteuer für alle industrialisierten Länder, streckenbezogene Emissionsabgaben, emissionsabhängige Start- und Landegebühren, Optimierungen in der Organisation des Flugverkehrs

Wirkung: Zunahme der geflogenen Personenkilometer wird gebremst, die Emissionen pro Personenkilometer sinken

Verantwortliche: Bund, EU, Internationale Staatengemeinschaft, Internationale Organisation für den zivilen Luftverkehr (ICAO)

Aufgrund der hohen Wachstumsraten des Flugverkehrs und des zu erwartenden Anstiegs der Emissionen sind ökonomische Maßnahmen erforderlich, die die Nachfrage bei Flugreisen mindern. Dazu gehört die schrittweise Einführung der Mineralölsteuer für den Flugverkehr wie sie auch für den motorisierten Straßenverkehr erhoben wird. Im Gegensatz zu Pkw und Lkw ist bei Flugzeugen jedoch keine Kompensation für den sinkenden Kraftstoffverbrauch einzuberechnen. Die Steuer kann entsprechend niedriger ausfallen. Da der Flugverkehr in vielen Fällen grenzüberschreitend ist, sollte die Einführung dieser Steuer in allen industrialisierten Ländern – beispielsweise in den OECD-Ländern – erfolgen. Die voraussichtliche Wirkung dieser Maßnahme: Flugreisen werden teurer, so dass die Zunahme der geflogenen Personenkilometer gebremst wird. Die Fluggesellschaften setzen in Folge dessen größere und effizientere Maschinen mit höheren Transportkapazitäten ein. So können mehr Personen mit weniger Aufwand fliegen (gemessen in geflogenen Kilometern). Die Emissionen pro Personenkilometer sinken. Als weitere ökonomische Maßnahme sind darüber hinaus Anreize für die Beschaffung und den Einsatz saubererer Flugzeuge anzubieten. So sollten innerhalb der kommenden zehn Jahre emissionsabhängige Abgaben eingeführt werden, die sowohl die Emissionen während der Start- und Landephase als auch während des Fluges auf Reishöhe berücksichtigen. Maschinen mit überdurchschnittlich hohen Emissionen werden mit höheren Abgaben belastet, um die Einführung von weniger stark emittierenden Maschinen sowie die Nachfrage nach neuen Technologien inklusive Forschung und Entwicklung zu fördern. Mit Hilfe dieser Abgaben lässt sich die Einführung umweltschonender Technologien schneller als mit rein ordnungsrechtlichen Maßnahmen wie der Festlegung von Grenzwerten erreichen.

Das heutige Flug-Service-Management weist eine Reihe von Ineffizienzen auf, die die Erfolge technischer und ökonomischer Maßnahmen teilweise wieder zunichte machen. Daher sind Optimierungen in der Organisation des Flugverkehrs zu ergänzen. Hierzu zählen die Freigabe der Flugrouten,



Verringerung der horizontalen, vertikalen und longitudinalen Abstände, Verbesserungen der Lande- und Startmuster sowie der Luftraumkontrolle. Durch den optimierten Flugbetrieb lassen sich etwa zehn Prozent der CO₂-Emissionen im Flugsektor einsparen.

Handelbare Emissionszertifikate

Maßnahme: Handelbare Emissionszertifikate

Wirkung: Einhaltung der CO₂-Zielvorgaben

Verantwortliche: Bund, EU, Internationale Staatengemeinschaft, Internationale Organisation für den zivilen Luftverkehr (ICAO)

Die beschriebenen Maßnahmen für den Flugverkehr reichen bei weitem nicht aus, um die EST-Kriterien zu erfüllen. Bis 2030 ist zusätzlich ein Rückgang der Flugverkehrsleistung auf 40 Prozent des Niveaus von 1990 notwendig, was angesichts der starken Zunahme nicht einfach zu realisieren sein wird. Der Handel von Emissionen ist eine der wichtigsten Maßnahmen zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes im Flugverkehr. Die größten Vorteile bietet dieser Handel, wenn er sektorübergreifend erfolgt. So können Einsparungen dort vorgenommen werden, wo sie am effizientesten erreichbar sind. Aber auch innerhalb eines Sektors kann ein System von handelbaren Emissionszertifikaten sinnvoll sein. Denn diese Maßnahme ermöglicht die genaue Einhaltung der Einsparvorgaben. Die Ausgabe dieser Zertifikate für den Flugverkehr ist als langfristige Maßnahme vorgesehen. Entsprechend der Vorgaben des EST-Szenarios werden zunächst die maximal zulässigen Emissionen von übergeordneter Stelle festgelegt. Dabei ist das sichere Einhalten der sehr kritischen CO₂-Vorgaben das Ziel und nicht die Einschränkung der Flugreisemöglichkeiten. Die Airlines erhalten die Möglichkeit, Emissionszertifikate untereinander zu handeln. Zu Beginn muss ein faires Zuteilungssystem für die Zertifikate geschaffen werden.

Der Emissionshandel fördert einerseits die Einführung sauberer Technologien und führt andererseits durch Kostensteigerungen zu einer Begrenzung auf der Nachfrageseite. Ist die Industrie in der Lage, intern die Ziele zu erreichen, so wird sich ein vom Markt bestimmter Preis ergeben, bei dem der technische und betriebliche Standard ausreicht, um die Emissionen zu reduzieren. Alternativ ist ein Handel mit Emissionen zwischen verschiedenen Sektoren denkbar. So lassen sich CO₂-Emissionen dort reduzieren, wo es am einfachsten und kostengünstigsten ist.

Die Umsetzungsstrategie

Die Förderung eines dauerhaft umweltgerechten Verkehrs erfordert eine sorgfältig entworfene Strategie. Dabei ist es nicht sinnvoll, ein detailliertes, fixes Programm auszuarbeiten, in dem für den gesamten Zeitraum jede Maßnahme einzeln festgelegt und quantifiziert ist. Vielmehr muss dieser Plan für den Umsetzungsprozess jederzeit offen sein für Kurskorrekturen. Nur so können die Reaktionen von Menschen und Märkten, die im Detail nicht vorhersehbar sind, kurzfristig einbezogen werden. Allerdings ist es wichtig, eine verbindliche Strategie mit den zugehörigen Maßnahmen für überschaubare Zeiträume festzulegen, so dass sich alle Betroffenen auf die zu erwartenden Veränderungen in der Zukunft einstellen können.

Der Prozess, der zu einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung führt, sollte in mehreren Phasen verlaufen: Es beginnt mit einer Phase der Akzeptanz, gefolgt von der Umsetzung der ersten Maßnahmen. Die im weiteren Prozess geplanten Maßnahmen sind auf Basis der Evaluierung der ersten Maßnahmen anzupassen, um sicherzustellen, dass gewünschte Wirkungen tatsächlich eintreten und unerwünschte Auswirkungen vermieden werden.

Phase 1: Erfahren, Verstehen, Akzeptieren

Ziel der ersten Phase ist es, die Prinzipien und Ziele von EST breiten Bevölkerungskreisen verständlich zu machen. Auf diese Weise soll für die geplanten Maßnahmen eine möglichst hohe Akzeptanz erreicht werden. Im Wesentlichen ergeben sich zwei Aktionsfelder:

Die Menschen für die Idee eines nachhaltigen Verkehrs gewinnen

Die Idee eines zukunftsfähigen und nachhaltigen Verkehrs muss breitgefächert an die Öffentlichkeit gebracht werden. Dabei ist unbedingt verständlich zu machen, dass EST für die Lebensqualität aller notwendig ist, und dass es darüber hinaus viele Anknüpfungspunkte zu bereits bestehenden gesellschaftlichen Zielen, Ideen und Bemühungen beinhaltet. EST ist als ein langfristiger, nationaler Prozess zur Entwicklung eines nachhaltigen Verkehrs zu präsentieren, der von Anfang an seine Gesamtstrategie erkennen lässt. Zu kommunizieren ist, dass sich dieser Prozess aus vielen einzelnen Schritten zusammensetzt. Um die Öffentlichkeit zu gewinnen, müssen



leicht verständliche und ansprechend gestaltete Printmedien erstellt werden. Das Internet kann ebenfalls als Informationsträger genutzt werden. Um die Vision des alltäglichen Lebens unter den Bedingungen eines nachhaltigen Verkehrs zu verdeutlichen, sind audio-visuelle Medien besonders geeignet. Diskussionsforen mit Meinungsführern und den für die Umsetzung Zuständigen auf allen Handlungsebenen müssen etabliert und gefördert werden. Außerdem können Wettbewerbe vor allem in der Kinder- und Jugendarbeit und an Universitäten helfen, Visionen einer verkehrsrarmen Alltagsorganisation zu entwickeln. Sie erhöhen zugleich das Engagement für eine nachhaltige Entwicklung. Bestehende Initiativen, die sich mit Aspekten der nachhaltigen Mobilität befassen, sind in die Öffentlichkeitsarbeit einzubinden und bei der Verbreitung und Realisierung ihrer Ideen zu unterstützen.

Den Nutzen sichtbar machen

Die Phase der Kommunikation und Diskussion sollte von ersten Maßnahmen begleitet werden, die mit einfachen Mitteln die Ideen und Vorteile einer zukunftsfähigen Verkehrsentwicklung deutlich spürbar machen. Zu diesen Maßnahmen zählt das allgemeine Tempolimit von 30 km/h in Städten, wodurch die Sicherheit nicht-motorisierter Verkehrsteilnehmer erhöht und die Lärmbelastung – hörbar – reduziert wird. Fußgänger, Fahrradfahrer und Benutzer öffentlicher Verkehrsmittel haben Vorfahrt – das demonstrieren die stärkere Kontrolle illegaler Parker auf Fuß- und Radwegen sowie flächendeckend eingerichtete Busspuren und Vorrangschaltungen an Ampeln. Informationen über Verbindungen, Fahrpläne und Tarife, die Gestaltung von Haltestellen und Bahnhöfen sowie die Modalitäten des Fahrscheinkaufs bringen vielen die ‚Öffis‘ auf einfache Art und Weise näher. Unterstützend sollte im Rahmen eines nationalen Programms auf lokaler Ebene ein Netz von Mobilitätszentralen aufgebaut werden. (Diese können zwar anfangs staatlich gefördert werden, beispielsweise im Rahmen der Arbeitsmarktpolitik, sollten sich jedoch auf Dauer selbst tragen.) Auf dem Frachtsektor können Service- und Logistikagenturen dem Handel und der Industrie die Vorteile des umweltschonenden Tür-zu-Tür-Transports aufzeigen. Auch in der Ausbildung etwa von Stadt- und Regionalplanern kann EST in vielen Bereichen kurzfristig zum festen Bestandteil werden. Bei der gerade laufenden Überarbeitung des Bundesverkehrswegeplans sind die Ziele einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung zu berücksichtigen. In der ersten Phase muss darüber hinaus die Umsetzung der Maßnahmen vorbereitet werden, mit denen in der Phase zwei begonnen wird.

Phase 2: Handeln

Alle Maßnahmen, die für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung notwendig sind, sollten – mit Ausnahme der handelbaren Emissionszertifikate für den Flugverkehr – in dieser Phase vorbereitet und ihre Umsetzung nach einem Vorlauf von zwei Jahren begonnen werden. Der gemeinsame Start aller Maßnahmen verdeutlicht nicht nur die Entschlossenheit der Handlungsträger, die Verkehrswende tatsächlich herbeizuführen, sondern lässt auch die positiven Wirkungen für die Lebensqualität aller Menschen schneller und deutlicher sichtbar werden. Kritikern wird so der argumentative Boden entzogen und die Gefahr eines Rückfalls ins „business-as-usual“ gebannt.

Phase 3: Überprüfen und Korrigieren

Auf jeder Handlungsebene müssen die eingeleiteten Maßnahmen kontinuierlich entsprechend der Rahmenbedingungen und der auftretenden Wirkungen angepasst werden. Trotzdem ist es erforderlich, die gesamte Strategie zumindest einmal während der Implementierungsphase zu evaluieren. Spätestens ab dem Jahr 2015 sollten alle Maßnahmen erste Wirkungen zeigen. Dies erscheint als der richtige Zeitpunkt, um die Auswirkungen des gesamten Programms sowohl auf die Umwelt als auch auf die Wirtschaft und die Gesellschaft zu überprüfen. Je nach dem Ergebnis dieser Zwischenbilanz sind die noch nicht vollständig umgesetzten Schritte des Programms zu forcieren oder auch abzuschwächen. Eventuell wird es notwendig sein, zusätzliche, flankierende Maßnahmen einzubringen, um unerwünschte Effekte zu vermeiden, zu vermindern oder zu kompensieren.



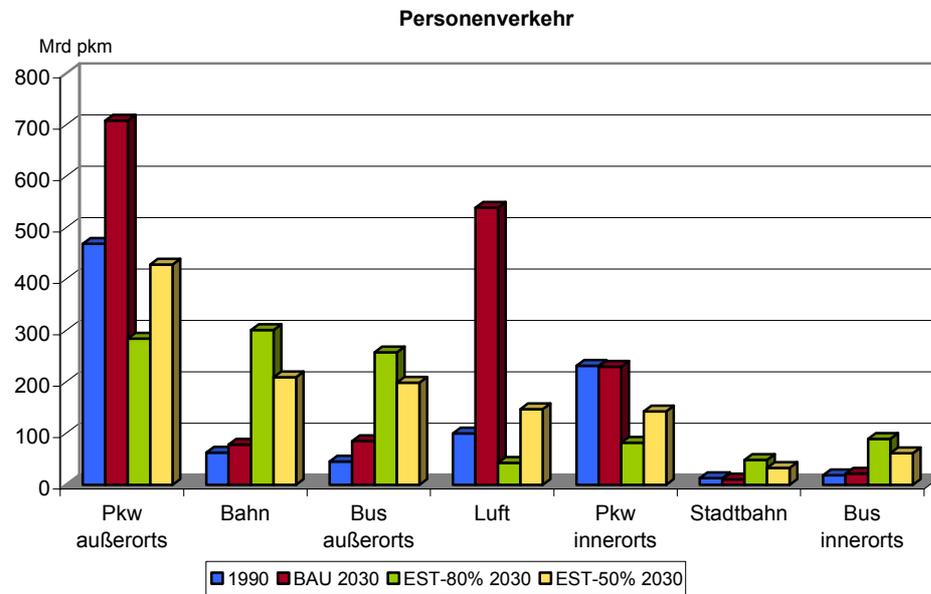
Auswirkungen auf die Wirtschaft

Die gesamtwirtschaftlichen Veränderungen, die mit einer EST-orientierten Politik einhergehen, sind von herausragender Bedeutung, wenn aus den Vorschlägen praktische Politik werden soll. Um diese Veränderungen zu untersuchen, wurde vom Institut für Wirtschaftsforschung und Wirtschaftspolitik der Universität Karlsruhe ein systemdynamisches Modell (SDM) entwickelt: kurz ESCOT (**E**conomic **A**ssessment of **S**ustainability **p**olicies **O**f **T**ransport = ökonomische Bewertung einer nachhaltigen Verkehrspolitik).

Ein solches Modell eignet sich besonders gut für die Beschreibung von Entwicklungen in sozialen und ökonomischen Systemen, weil hiermit die Rückkopplungen ökonomischer oder sozialer Interaktionen berücksichtigt werden können. Mit dieser Methode lassen sich auch die langfristig sekundär auftretenden Veränderungen erfassen. Sie entstehen aufgrund der engen Verflechtung des Verkehrssektors mit andern Teilen des Systems. So liegt zum Beispiel der direkte Effekt von Ökosteuern auf ein Verkehrsmittel in der Reduzierung der entsprechenden Nachfrage, während als sekundärer Effekt technologische Veränderungen dieses oder anderer Verkehrsmittel oder sogar in anderen Wirtschaftsbereichen bewirkt werden. (Die *Beschreibung des SDM ESCOT* sowie des makroökonomischen Teilmoduls befinden sich in Anhang 2).

Das EST-Szenario und die Folgen

Für ein besseres Verständnis der zu erwartenden ökonomischen Effekte ist es sinnvoll, noch einmal die Veränderungen im Verkehrsvolumen und in der -struktur aufzuzeigen: Das BAU-Szenario spiegelt die „business-as-usual“-Entwicklung mit einer Fortschreibung der bisherigen Trends wider. Das Nachhaltigkeitsszenario EST3 und das zugehörige Maßnahmenpaket wurden unter der Vorgabe entwickelt, dass die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 um 80 Prozent gesenkt werden müssen. (Dieses Szenario wird künftig als „EST-80%“ bezeichnet.) Für die ökonomische Analyse wurde ein zusätzliches Szenario mit einem auf 50 Prozent abgeschwächtem CO₂-Kriterium entworfen, da die Entwicklung der Indikatoren während des untersuchten Zeitraums vermuten ließ, dass dieser bis zum Jahr 2030 zu kurz sein könnte, um negative Auswirkungen vollständig zu vermeiden. (Dieses Szenario wird künftig als „EST-50%“ bezeichnet.) Zwei weitere *EST-Szenarien mit abgeschwächten CO₂-Kriterien* werden in Anhang 3 beschrieben.



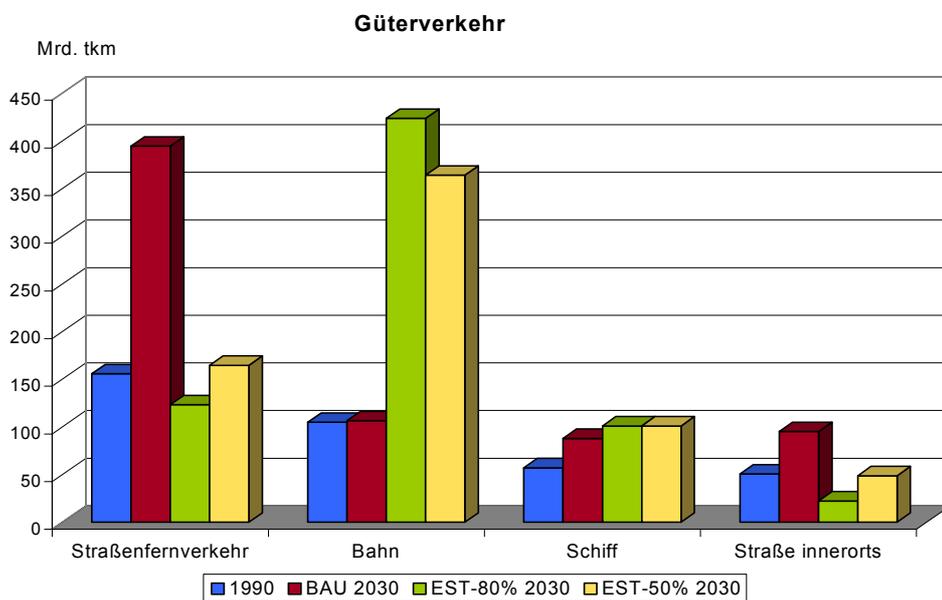
Personenverkehr 1990 und 2030 für BAU, EST-80% und EST-50%

Die Unterschiede der Verkehrsleistung und der Aufteilung auf die Verkehrsmittel für 1990, das BAU-Szenario im Jahr 2030 und EST-80% beziehungsweise EST-50% im Jahr 2030 sind erheblich. Die Abbildung oben sowie die folgende zeigen die Ergebnisse der Modellsimulation.

EST-80% impliziert drastische Änderungen im Straßenpersonen- und Luftverkehr. Es wird nicht nur das rasante Wachstum der Straßen- und Luftverkehrsleistung auf die Schiene gebracht, sondern auch die jetzige Verkehrsleistung dieser Verkehrsträger verkleinert. Als erstes Ergebnis zeigt ESCOT, dass im Personenverkehr für EST-80% die angestrebten Änderungen im Verkehrsbereich durch die gewählten Maßnahmen möglich sind. Für EST-50% fallen die Veränderungen geringer aus. Der Stand der Verkehrsleistungen unterscheidet sich bei den kritischen Verkehrsträgern Straße und Luftverkehr nur gering von den Ausgangswerten im Jahr 1990. Im wesentlichen wird das Wachstum auf die umweltfreundlicheren Verkehrsmittel Bahn, Bus und Straßenbahn gebracht. Nur in den Innenstadtbereichen ist ein stärkerer Rückgang des Straßenverkehrs zu verzeichnen, der durch das starke Wachstum von Straßenbahn, Bus aber auch durch das erhöhte Aufkommen von Fußgängern und Radfahrern aufgefangen wird. Unterstützend kommen hier die geringeren Autobesitzraten zum Tragen.



Die drei Szenarien führen im Straßengüterverkehr ebenfalls zu massiven Veränderungen. Während im BAU Szenario ein nahezu linearer Anstieg der Verkehrsleistung zu verzeichnen ist, erfolgt in den ökologischen Szenarien gleich nach der Einführung der Schwerverkehrsabgabe ein leichter Trendbruch, der durch einen Anstieg der Abgabenhöhe im Jahr 2010 verstärkt wird und sich dann fortsetzt.



Güterverkehr 1990 und 2030 für BAU, EST-80% und EST-50%

Bemerkenswert ist, dass im Straßengüterverkehr keine sehr große Diskrepanz zwischen EST-80% und EST-50% zu erkennen ist – obgleich die Abgabenhöhe in EST-80% doppelt so hoch ausfällt wie in EST-50%. Die geringen Unterschiede sind darauf zurückzuführen, dass neben den Preisen vor allem die Schnelligkeit der Verkehrsträger und die Aufnahmekapazitäten der Alternativen für den Modal split verantwortlich sind. Die Straßengebühr in EST-80% führt zu so hohen Verkehrsverlagerungen, dass sich die Fahrzeiten für die Schiene erhöhen, während sie für die Straße sinken und damit die Verlagerungen bremsen. Dieser Effekt wird durch die begrenzten Aufnahmekapazitäten der Bahn noch verstärkt.

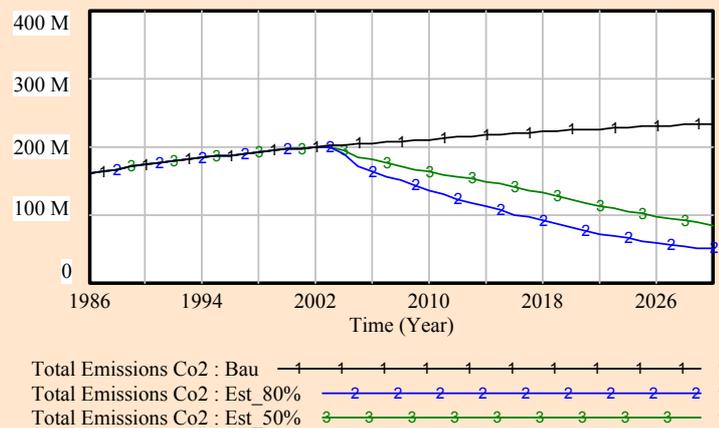
In EST-80% haben die politischen Maßnahmen zwar starke Auswirkungen, aber dennoch reichen sie nicht aus, um das gewünschte Verkehrsszenario im Güterverkehr zu erreichen! Die politischen Maßnahmen bestimmen je-

doch, von welchen Verkehrsträgern das Wachstum aufgenommen wird: im BAU-Szenario nahezu komplett von der Straße, im EST-80% von der Schiene und im EST-50% überwiegend von der Schiene.

Modellierung der Umweltwirkungen

Die Kohlendioxidemissionen steigen im BAU-Szenario leicht an. Für die ökologischen Szenarien zeigen sich relativ schnell nach Einführung der politischen Maßnahmen messbare Erfolge: Bei EST-80% fällt die Wirkung der Reduktionsmaßnahmen nur in den ersten Jahren sehr stark aus und flaut dann allmählich ab. In EST-50% bleibt der absolute Rückgang pro Jahr nahezu konstant.

Graph for Total Emissions Co2

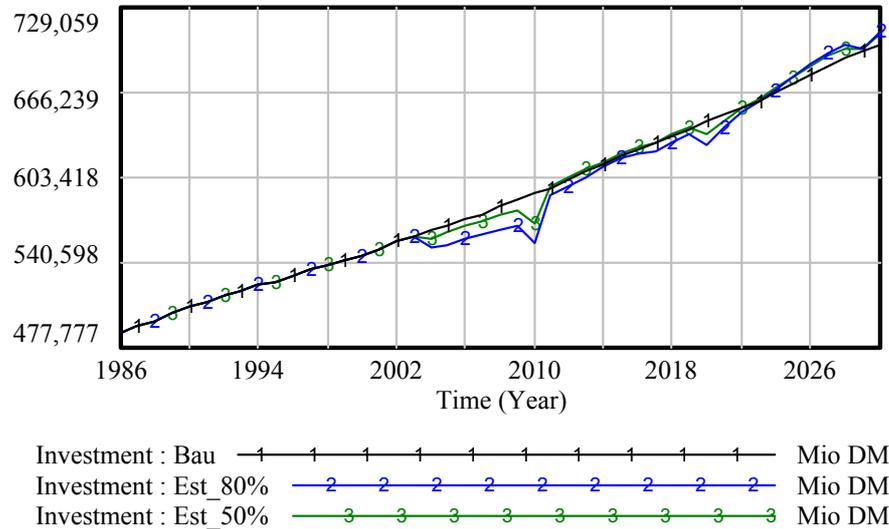


Im Gegensatz zum EST-80%-Szenario, in dem nur eine 72-prozentige CO₂-Reduktion erreicht wird, reichen für EST-50% die Maßnahmen aus, um das Kriterium zu erfüllen.

Die Entwicklung von Konsum und Investitionen

In den speziellen Wirtschaftssektoren des Verkehrs, vor allem in der Fahrzeugindustrie (Sektor 5 in der Tabelle *Endnachfrage für die Szenarien*) ist mit einer deutlichen Abnahme der Konsumausgaben zu rechnen. Für den gesamten **Konsum** der privaten Haushalte sind die resultierenden Veränderungen geringer. Hier wirkt sich aus, dass die umweltfreundlicheren Szenarien nicht nur den wirtschaftlichen Verlauf der Transportsektoren verschlechtern, sondern auch in anderen Sektoren, vor allem im Dienstleis-

Graph for Investment



Entwicklung der Investitionen

Betrachtet man die einzelnen Wirtschaftssektoren separat, so verschlechtern sich beim Konsum die Wirtschaftssektoren der Mineralölindustrie und der Fahrzeugproduktion (siehe Sektor 3 und 5 in der folgenden Tabelle). Diese negative Entwicklung wird kompensiert durch positive Effekte in den Dienstleistungssektoren. Bei den Investitionen werden die ebenfalls negativen Effekte für die Mineralölindustrie und die Fahrzeugproduktion kompensiert durch die Bauinvestitionen (Sektor 9). Für den Export entwickeln sich die Wirtschaftssektoren schlechter, in denen sich Konsum und Investitionen verschlechtern. So verläuft speziell in den Wirtschaftssektoren Energie und Maschinenbau (inklusive Fahrzeugproduktion) die Entwicklung rückläufig. Diese beiden Bereiche haben zusammen einen Anteil von über 50 Prozent an den gesamten Exporten. Hier gibt es keine Kompensation, weil weder die sich besser entwickelnden Dienstleistungen noch die Bauindustrie stark exportierende Sektoren sind. Das EST-50%-Szenario zeigt insgesamt ein freundlicheres Bild. Ein Blick auf die Veränderung für die einzelnen Wirtschaftssektoren zeigt zwar, dass dieselben strukturellen Veränderungen zwischen EST-80% und BAU auch zwischen EST-50% und BAU zu prognostizieren sind. Doch die Unterschiede fallen weniger stark aus. Vergleicht man die Summe aller Wirtschaftssektoren von EST-50% mit BAU, so entwickelt sich der Konsum mit über zwei Prozent deutlich besser als BAU. Die Investitionen sind nur knapp über dem Wert von BAU, da der



Nachfrage 2030 [Mrd. DM]	Konsum			Investitionen			Staat		Export			Endnachfrage			
	Sektor	BAU	EST 80%	EST 50%	BAU	EST 80%	EST 50%	BAU	EST	BAU	EST 80%	EST 50%	BAU	EST 80%	EST 50%
1	Landwirtschaft	21	23	23	1	1	1	0	8	8	8	32	30	32	32
2	Energie, Wasser	80	82	82	0	0	0	0	6	6	6	88	86	88	88
3	Chemie und Mineralölp.	99	88	90	1	1	1	0	155	138	140	232	256	227	232
4	Eisen, Stahl	0	0	0	11	11	12	0	45	45	46	57	56	57	57
5	Maschinenbau, Fahrzeugind.	106	58	81	219	194	203	0	305	234	265	486	629	486	549
6	Elektronik	61	64	65	77	78	79	0	129	133	133	276	267	275	276
7	Holz, Papier	116	122	122	13	14	14	0	72	75	75	211	202	210	211
8	Nahrungsmittel	295	309	310	0	0	0	0	46	48	48	358	341	357	358
9	Bau	3	3	3	321	352	337	0	2	2	2	343	326	358	343
10	Dienstleistungen des Handels, Verkehrs	559	574	581	32	32	32	0	104	106	108	721	694	712	721
11	Übrige marktbestimmte Dienstl.	793	832	834	25	25	25	0	37	39	39	898	855	896	898
12	Nicht marktbestimmte Dienstl.	122	128	129	2	2	2	1212	2	2	2	1344	1338	1344	1344
Gesamt		2256	2283	2320	701	710	705	1212	910	836	873	5109	5080	5041	5109
Differenz zwischen BAU und EST			1.1%	2.8%		1.3%	0.5%	0%		8.1%	4.1%	0.6%		0.8%	0.6%

Endnachfrage der BAU, EST-80% und EST-50% Szenarien

(Die zwölf Sektoren entsprechen denen der aggregierten Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes.)

Infrastrukturausbau niedriger ausfällt als im EST-80%-Szenario. Bei den Exporten ist trotz allem noch ein Rückgang von mehr als vier Prozent zu erkennen. Die Endnachfrage liegt in der Summe folgerichtig knapp über den Werten von BAU, da die positiven Entwicklungen im Konsum und den Investitionen die negative Entwicklung im Export ausgleichen.

Höhere Beschäftigung bei EST-50%

In EST-80% bleibt die Beschäftigung hinter dem Niveau des BAU-Szenarios zurück. Die Simulation zeigt ein Minus von 335.000 Arbeitsplätzen im Jahr 2030. Beim EST-50% wird dagegen am Ende des simulierten Zeitraums ein höheres Beschäftigungsniveau erreicht als bei BAU (plus 335.000 Arbeitsplätze im Jahr 2030). In EST-50% liegen die Beschäftigungszahlen in allen Sektoren über den Werten des EST-80%-Szenarios, mit Ausnahme des Bau-sektors, der sich in EST-50% aufgrund des geringeren Schienennetzausbaus schwächer entwickelt. Zu bemerken ist, dass Personalreduktionen in EST-50% in erster Linie die Sektoren Mineralölindustrie (80.000 Beschäftigte) und Fahrzeugbau (110.000 Beschäftigte) betreffen. Weiterhin verlieren die Sektoren Eisen und Stahl 50.000 und Energie 30.000 Arbeitsplätze. Die anderen Produktionssektoren Landwirtschaft, Elektronik, Holz und Papier, Nahrungsmittel sowie Bau verzeichnen für EST-50% Zuwächse von bis zu etwa 60.000 Beschäftigten gegenüber dem BAU-Szenario. Die Dienstleistungssektoren sind die deutlichen Gewinner des EST-50%. Hier steigt die Beschäftigung bei den nicht marktbestimmten Dienstleistungen um 40.000, bei den übrigen marktbestimmten Dienstleistungen um 90.000 und in Handel und Verkehr um 170.000. Maßgeblich für die hohen Zuwächse in Handel und Verkehr sind Schienen- und ÖPNV-Transporte, welche die Verluste im Straßengüter- und Luftverkehr überkompensieren.

	1990	2030			Differenz	
		BAU	EST-80%	EST-50%	EST-80% und BAU	EST-50% und BAU
Beschäftigung (Mill. Personen)	34,921	32,206	31,871	32,541	-1,0%	+1,0%
Kapitalstock (Mrd. DM)	10.709	13.246	13.085	13.106	-1,2%	-1,1%
Produktivität (1/1000)	11,000	11,000	11,309	11,256	+2,8%	+2,3%
Bruttoinlandsprodukt (Mrd. DM)	2.844	5.379	5.382	5441	+0,1%	+1,2%

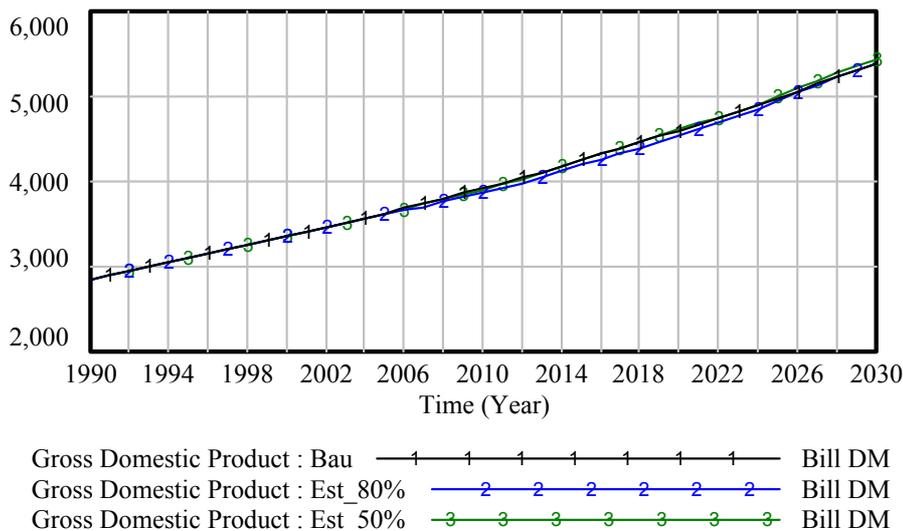
Angebotsseite der BAU/EST-Szenarien



Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts

Die Produktivität nimmt im EST-80%-Szenario gegenüber BAU um 2,8 Prozent zu. Dies ist durch den Anstieg der Rate für den technischen Fortschritt bedingt. Die Produktivität hat einen starken Einfluss auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP). Wie die Abbildung unten zeigt, ist das Bruttoinlandsprodukt in EST-80% in den ersten Jahren niedriger als im BAU-Szenario. Aufgrund der steigenden Investitionen (öffentlich und privat) nähert sich gegen Ende der Simulation das Bruttoinlandsprodukt von EST dem BAU-Wert an und liegt am Ende sogar etwas höher. Im EST-50%-Szenario weist das BIP im Jahr 2030 ein deutliches Plus gegenüber BAU auf. Dabei ist vor allem positiv, dass im Unterschied zum EST-80%-Szenario der Kurvenverlauf über den gesamten Zeitraum sehr nahe bei der BAU-Entwicklung liegt.

Graph for Gross Domestic Product



Bruttoinlandsprodukt für BAU, EST-80% und EST-50%

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Analyse zeigen deutlich, dass die Abkehr von einer am Auto- und Straßengüterverkehr orientierten Verkehrspolitik nicht zu einem wirtschaftlichen Zusammenbruch führt. Die Auswirkungen auf die untersuchten Wirtschaftsindikatoren sind eher gering, auch wenn die in EST-80% vorgesehenen Maßnahmen einen einschneidenden Kurswechsel der

heutigen Verkehrspolitik bedeuten. Zu Beginn des betrachteten Zeitraums ist das Wachstum des BIP im Rahmen von EST-80% niedriger als für das BAU-Szenario prognostiziert. Doch am Ende liegt das BIP des EST-Szenarios sogar etwas über dem BAU-Wert. Deutlich negativ sind die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt. Die Beschäftigungsproblematik ist im EST-50%-Szenario zufriedenstellend gelöst, ebenso wie die Wirtschaftsentwicklung zu Beginn der Einführung der Maßnahmenprogramme.

Somit hat sich gezeigt, dass eine nachhaltige Verkehrspolitik zur Stärkung der Wirtschaftsentwicklung und Verbesserung der Beschäftigungslage führen kann. Die Voraussetzung ist eine Strategie, in der restriktive Maßnahmen und Anreize zur technologischen Entwicklung in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen.



Ausblick

Das EST-Projekt zeigt: nachhaltig umweltfreundlicher Verkehr ist möglich und nötig. Viele der vorgeschlagenen Maßnahmen sind seit Jahren bekannt und in der Diskussion. Der heutige Stand der Technik würde einen viel höheren Grad an Nachhaltigkeit erlauben, als tatsächlich realisiert wird. Dennoch verlangt das Erreichen der Nachhaltigkeitsziele enorme Anstrengungen, und die Zeit hierfür ist eher knapp. Bisher fehlt es vor allem noch an einer konsistenten Umsetzungsstrategie.

Es müssen Institutionen geschaffen werden, die den Prozess auf unterschiedlichen politischen Ebenen initiieren und am Laufen halten. Wesentlich für das Ingangsetzen eines Prozesses in Richtung nachhaltiger Mobilität ist die Vermittlung von Ideen sowohl auf den unterschiedlichen politischen und Verwaltungsebenen als auch in der breiten Öffentlichkeit. Einerseits soll Problembewusstsein geweckt werden. Andererseits ist ein positiver Gegenentwurf zum bestehenden Verkehrssystem zu entwerfen und sind Beispiele für aktuelle Problemlösungen aufzuzeigen. Es muss deutlich werden, wie sich die Ziele der wirtschaftlichen Entwicklung und der sozialen Stabilisierung mit den Vorstellungen von nachhaltiger Mobilität vereinbaren lassen.

Über kontinuierliche Information und einzelne Aktionen hinaus sind dauerhafte Mitwirkungs- und Einflussnahmemöglichkeiten zu schaffen. Die Politik muss an den Erfordernissen der Nachhaltigkeit ausgerichtet werden. Die Einrichtung eines Staatssekretärsausschusses beim Bundeskanzleramt, der die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung ausarbeitet, ist ein richtiger und wichtiger Schritt. Ebenso der kürzlich etablierte "Rat für nachhaltige Entwicklung", dem Persönlichkeiten unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen angehören. Er berät die Bundesregierung und soll eine wichtige Funktion im gesellschaftlichen Dialog einnehmen. Auch auf der regionalen und lokalen Ebene müssen Kommunikationsforen mit definierten Rechten etabliert werden, an denen alle gesellschaftlichen Gruppen beteiligt sind (runde Tische, Agenda21-Foren und Arbeitskreise). Erarbeitete Konzepte und Lösungen sollten der Bevölkerung zur Zustimmung vorgelegt werden.

Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht noch in Bezug auf sparsame und saubere Nutzfahrzeuge, Schienenfahrzeuge, Schiffe, öffentliche Verkehrsmittel und Flugzeuge. Bisher steht bei der technologischen Entwicklung noch zu sehr der Pkw im Vordergrund. Die Ankündigung anspruchsvoller Grenzwerte verstärkt den Anreiz für entsprechende Aktivitäten. Das gilt nicht zuletzt auch für die Lärminderung: Die heute verfügbare Technik zur Reduzierung des Verkehrslärms reicht nicht aus, um Belästigungen

durch den Verkehrslärm ganz zu vermeiden. Hier sind verstärkte Forschungsanstrengungen nötig. Neue Ideen und Konzepte sind beim Güternahverkehr gefragt. Wie kommen die Güter umweltfreundlich vom Güterverteilzentrum zum Endabnehmer? Hier gibt es bisher kaum Alternativen zum Straßenverkehr. Die Einsparmöglichkeiten durch verbesserte Logistik sind bisher sehr begrenzt.

Ein großer Informationsbedarf besteht im Bereich des Freizeitverkehrs, in dem ein großer Teil aller Verkehrsleistungen erbracht wird. Die Kategorie Freizeitverkehr umfasst ein weites Spektrum unterschiedlichster Aktivitäten, die noch kaum untersucht wurden. Infolge dessen gibt es auch keine fundierten Kenntnisse darüber, wie sich das Freizeitverkehrsverhalten der Menschen beeinflussen lässt. Besonders wichtig sind Analysen, auf deren Basis im Nahbereich echte Alternativen zum Fernurlaub gefunden werden können.

Nicht nur das Bild der Freizeit sondern das des gesamten Alltagslebens unter den Bedingungen der Nachhaltigkeit muss an Überzeugungskraft gewinnen. Bisher gibt es allenfalls vage Vorstellungen darüber, wie das Leben aussieht, wenn umweltgerechte Mobilität Wirklichkeit geworden ist. An welche Bedürfnisse eine solche Vision des Alltags unter EST anknüpfen sollte, dafür besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.



Abkürzungen und Begriffe

BAU	Business-as-usual (Trendszenario)
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CO₂	Kohlendioxid
dB(A)	Dezibel, Rechenvorschrift zur Bestimmung von Geräuschpegeln, Frequenzbewertung (A-Bewertung) nach der Empfindlichkeit des menschlichen Ohres
EST	Environmentally Sustainable Transport (dauerhaft umweltgerechter oder nachhaltiger Verkehr)
EST1	Technologie-Szenario
EST2	Verkehrsmanagement-Szenario
EST3	Kombinations-Szenario
EST-80%	Bezeichnung entspricht dem Kombinations-Szenario
EST-50%	Szenario mit einer CO ₂ -Reduktion um 50 Prozent
EZEV	Equivalent zero emission vehicle (Fahrzeug mit annähernd null Emissionen)
ICAO	Internationale Organisation für den zivilen Luftverkehr
MIV	Motorisierter Individualverkehr
Nfz	Nutzfahrzeuge
NO_x	Stickoxide
OECD	Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
pkm	Personenkilometer
PM	Partikel (particulate matter) als PM ₁₀
SCR	Selektive katalytische Reduktion
tkm	Tonnenkilometer
UBA	Umweltbundesamt
ULEV	Ultra low emission vehicle (Fahrzeug mit sehr niedrigen Emissionen)
Umweltverbund	zu Fuß, Fahrrad, ÖPNV
VOC	volatile organic compounds (flüchtige organische Verbindungen)
ZEV	zero emission vehicle (Fahrzeug ohne Emissionen)

Literaturverzeichnis

Apel, D. (1994): Grenzen verträglicher Verkehrsbelastungen in der Stadt sowie Folgerungen für Städtebau und Verkehrsplanung. In: Forschungsverbund Lebensraum Stadt, Bd. III/3, Gestaltungsfelder und Lösungsansätze. Berlin

Apel, D., Henckel, D. et al. (1995): Flächen sparen, Verkehr reduzieren. Möglichkeiten zur Steuerung der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung. Berlin

Apel, D., Böhme, C. et al. (2000): Szenarien und Potentiale einer nachhaltig flächensparenden und landschaftsschonenden Siedlungsentwicklung. UBA-Berichte 01/00, Berlin

Apel, D., Lehm Brock, M. et al. (1997): Kompakt, mobil, urban: Stadtentwicklungskonzepte zur Verkehrsvermeidung im internationalen Vergleich. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu) im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin

Bizer, K., Lang, J. (2000): Ansätze für ökonomische Anreize zum sparsamen und schonenden Umgang mit Bodenflächen. UBA-Texte 21/00, Berlin

BMBF (1996): Fortschrittliche Antriebskonzepte für Stadtbusse und Verteilerfahrzeuge mit niedrigsten Emissionen. Stufe I, Endbericht, TV 9367, Otobrunn: LBST

Böhme, C., Meyer, U. (2000): Flächensparende Siedlungsentwicklung. In: Difu-Berichte 2/2000

Brosthaus, Josef et al. (2001): Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Flugverkehrs. UBA-Texte 17/01, Berlin 2001

Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bundesministerium für Verkehr, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1992): Forschungsvorhaben Flächenhafte Verkehrsberuhigung - Folgerungen für die Praxis. Bonn

Centre for Energy Conservation and Environmental Technology (1997): European aviation emissions: trends and attainable reductions. Delft



Citair (1998) Computergestütztes Instrument zur Prognose der Auswirkung verkehrlicher Maßnahmen zur Immissionsreduzierung, Version 1.0, Umweltbundesamt, Berlin

Davis, S. C. (1995): Transportation Energy Data Book: Edition 15, Oak Ridge, Tennessee: Oak Ridge National Laboratory

Deutscher Bundestag (1998): Entwicklung und Analyse von Optionen zur Entlastung des Verkehrsnetzes und zur Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltverträglichere Verkehrsträger. Drucksache 13/11447, 28.09.1998

DIW Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (1994): Verminderung der Luft- und Lärmbelastung im Güterfernverkehr 2010. Berichte 5/94. Umweltbundesamt, Berlin

Eckerle, K. et al. (1992), Energiereport 2010 - Die energiewirtschaftliche Entwicklung in Deutschland, Stuttgart: Schäffer Poeschel

Enquete-Kommission "Technikfolgenabschätzung und -bewertung" des Deutschen Bundestages (1990): Bedingungen und Folgen von Aufbaustrategien für eine solare Wasserstoffwirtschaft, Bundestagsdrucksache 11/7993

Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des Deutschen Bundestages (Hrsg.) (1995): Umweltverträgliches Stoffstrommanagement Bd. 5. Anwendungsbereiche Mobilität und Sekundärrohstoffe, Bonn: Economica

Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" Mobilität und Klima des Deutscher Bundestags: Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik. Bonn 1994

Fakiner, A. (1985): Belastung der Bevölkerung mit Lärm - Phase III, Forschungsbericht des Umweltbundesamtes Nr. 105 01 321, Berlin

Fichtner (1995): Beispielorientierte Aufarbeitung des Bedürfnisfeldes "Mobilität" für eine stoffstromorientierte Diskussion zur Entwicklung stofflicher und politischer Handlungsperspektiven. Stofffluss bei Produktion, Betrieb und Entsorgung verschiedener Fahrzeuge, Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des Deutschen Bundestages (Hrsg.) (1995)

Forrester, Jay W. (1972): Grundzüge einer Systemtheorie, Wiesbaden

Fritsche, U. (1993): TEMIS - A Computerized Tool for Energy and Environmental Fuel & Lyfe Cycle Analysis. Current Status and Perspectives, OECD (1993), S. 103-111

Gühnemann, Astrid et al. (1999): Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung. UBA-Berichte 04/99, Berlin

HaCon Ingenieuresellschaft und Universität Hannover (1996): Kapazitätsreserven der Schieneninfrastruktur im Güterfernverkehr. Deutsches Verkehrsforum e.V., Umweltbundesamt, Bonn/ Berlin

Hahn, W. (1996): Pkw-Verkehr in Europa bis zum Jahr 2005, Ifo-Schnelldienst No. 32, S. 3-26

Hansen, K. (1996): Modern Windships, Copenhagen

Hautzinger, H.; Heidemann, D.; Krämer, B.; Tassaux-Becker, B. (1993): Fahrleistungserhebung 1990. Schlußbericht, Heilbronn: Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung

Höpfner, U.; Knörr, W.; Lambrecht, U.; Keller, M.; Niederle, W. (1995): Daten- und Rechenmodell: Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr in Deutschland 1980 bis 2010, VDI (Hrsg.) (1995), S. 279-292

Holz-Rau et al. (2000): Quantifizierung der Verkehrsentstehung und deren Umweltauswirkungen durch Entscheidungen, Regelwerke und Maßnahmen mit indirektem Verkehrsbezug. UBA-Texte 35/00, Berlin

IPCC Special Report on Aviation and the Global Atmosphere, (1999) Chapter 9: Aircraft Emissions: Current Inventories and Future Scenarios.

IPCC Special Report on Aviation and the Global Atmosphere, (1999) Chapter 7: Aircraft Technology and its Relation to Emissions.

Ising, H; Babisch, W.; Kruppa, B (1996): Risikoerhöhung für Herzinfarkt durch chronischen Lärmstress, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 43, 1996

Kindermann, Arndt (1997): Ökologische Chancen und Perspektiven von Regionalproduktion und Regionalvermarktung. Naturschutzbund Deutschland e.V., Bonn



Klippel, P. (1993): Straßenverkehrslärm - Umweltqualitätsziele und Lärminderungsmaßnahmen, in: Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, Band 2.3.1.1, Bonn

Klose, Rainer (1999): Luftschlösser voller Helium. Der Zeppelin erlebt eine Renaissance: Als Schwerlast und Vehikel für den sanften Tourismus. In: Die Zeit, Nr. 11, 11.März 1999

Klug, H.-G. (1996): Market Analysis for Liquid Hydrogen Fueled Aircraft, Daimler-Benz Aerospace Airbus

Knoflacher, H. (1993): Zur Harmonie von Stadt und Verkehr. Freiheit vom Zwang zum Autofahren, Wien, Köln, Weimar: Böhlau

Kolke, R.; Juffernbruch, R. (1993): Energieumwandlungsketten für den Verkehr: Vergleich von Energiebilanzen und CO₂-Emissionen, Diplomarbeit, Jülich: FH Aachen

Kolke, R. (1999): Technische Optionen zur Verminderung der Verkehrsbelastungen - Brennstoffzellenfahrzeuge im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren, UBA Texte 33/99

Kroll, J.M.; Kroll, B. (1996): Lufthansa Taschenbuch der Luft- und Raumfahrt-Presse 1997/1998, Seefeld: Kroll

LAI (Länderausschuss für Immissionsschutz) (1992): Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen. Entwicklung von "Beurteilungsmaßstäben für kanzerogene Luftverunreinigungen" im Auftrage der Umweltministerkonferenz, Düsseldorf: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen

Lassen, D. (1990): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² - eine Ressource für die ruhige Erholung, Natur und Landschaft, No. 6, S. 326-327

Lovins, A. (1994): Supercars: Advanced Ultralight Hybrid Vehicles, Prepared for the Encyclopedia of Energy Technology and the Environment, Snowmass CO: Rocky Mountain Institute

Maibach, M.; Peter, D.; Seiler, B. (1995): Ökoinventar Transporte. Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Transportsystemen und den Einbezug von Transportsystemen in Ökobilanzen, Zürich: Infras

Masur, Heinz et al. (1998): Erfahrungen mit Tempo 30. Planung – Umsetzung – Umweltauswirkungen der Verkehrsberuhigung, UBA-Texte 4/98. Berlin

Newman, P.; Kenworthy, J. R. (1996): The Land Use - Transport Connection. An Overview, Land Use Policy, No. 1, S. 1-22

OECD (1993): Expert Workshop on Lyfe-Cycle Analysis of Energy Systems. Proceedings, Paris: OECD/IEA

OECD (1996): Pollution Prevention and Control: Environmental Criteria for Sustainable Transport. Report on Phase 1 of the Project on Environmentally Sustainable Transport (EST), Document OECD/GD(96)136, Paris1996

OECD (1999): Environmentally Sustainable Transport: Report on Phase II of the OECD EST Project, Paris.

OECD (1999): Environmentally Sustainable Transport: Individual Project Case Studies for Phase II. Annex Volume to the Report on Phase II of the OECD EST Project on Environmentally Sustainable Transport, Paris.

OECD (1999): Environmentally Sustainable Transport in the CEI Countries in Transition. Paris.

OECD (2000): est! Environmentally Sustainable Transport. Futures, strategies and best practices. Synthesis Report. Paris.

Pastowski, A. (1997): Decoupling Economic Development and Freight for Reducing its Negative Impacts, Wuppertal Paper No 79, Wuppertal: Wuppertal Institute for Climate Environment and Energy

Palm, I.; Regniet, G.; Schmidt, G. (1996): Ermittlung der Pkw- und Nfz-Jahresfahrleistungen auf allen Straßen in der Bundesrepublik Deutschland. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Aachen: Heusch/Boesefeld beratende Ingenieure für Verkehrstechnik und Datenverarbeitung GmbH

Petrauschke, B.; Pesch, K.-H. (1994): Nutzung der Bodenfläche in der Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse der Flächenerhebung 1993 nach Art der tatsächlichen Nutzung, Wirtschaft und Statistik, No. 9, S. 743-749

Rieke, H. (1996): Weiterhin Wachstum von Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr, DIW Wochenbericht, No. 14, S. 227-238



Rodt, S. et al. (1995): Passenger Cars 2000. Requirements, Technical Feasibility and Costs of Exhaust Emission Standards for the Year 2000 in the European Community, Berlin: Federal Environmental Agency

Rodt, S., et al. (1996): HDV 2000. Requirements, Technical Feasibility and Costs of Exhaust Emission Standards for Heavy Duty Vehicle Engines for the Year 2000 in the European Community, Berlin: Federal Environmental Agency

Rothengatter, W. (1997): Economic Assessment of EST Scenarios. Methods and Approach. Karlsruhe

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (1994): Umweltgutachten 1994 - für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. Stuttgart 1994

Schade, Burkhard, Werner Rothengatter und Wolfgang Schade (2001): Bewertung der Strategien und Maßnahmen für eine dauerhaft umweltgerechte Verkehrsentwicklung mit dem System Dynamic Modell ESCOT. F + E Vorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes FKZ 298 96 108 Karlsruhe 2001

Schallaböck, K. O., Hesse, M. (1995) Konzept für eine neue Bahn. Wuppertal

Scherer, Roland et al. (1997): Perspektiven der Regionalvermarktung für die verarbeitende endverbrauchernahe Industrie. EURES Institute for Regional Studies in Europe im Auftrag des Naturschutzbunds Deutschland e.V., Freiburg

Schulz, E. (1993): Bevölkerungsentwicklung in Deutschland bis zum Jahr 2010 mit Ausblick auf 2040, DIW Wochenbericht, Nr. 29, S. 393-404

Schühle, U. (1986): Verkehrsprognosen im prospektiven Test. Grundlagen und Ergebnisse einer Untersuchung der Genauigkeit von Langfristprognosen verkehrswirtschaftlicher Leitvariablen, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Verkehrswegebau Ausg. 18, Berlin: Technische Universität

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin (1993): Studie zur ökologischen und stadtverträglichen Belastbarkeit der Berliner Innenstadt durch den Kfz-Verkehr

Shell (1993): Motorisierung in Deutschland.: Mehr Senioren fahren länger Auto. Shell Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen bis zum Jahr 2010 mit einem Ausblick auf 2020, Aktuelle Wirtschaftsanalysen, Nr. 24, Hamburg: Deutsche Shell AG

Shell (1995): Gipfel der Motorisierung in Sicht. Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2020, Aktuelle Wirtschaftsanalysen, Nr. 26, Hamburg: Deutsche Shell AG

Sommer, B. (1994): Entwicklung der Bevölkerung bis 2040. Ergebnis der achten koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung, Wirtschaft und Statistik, No. 7, S. 497-503

Statistisches Bundesamt (1995): Statistisches Jahrbuch 1995 für die Bundesrepublik Deutschland, Wiesbaden: Metzler Poeschel

Stenschke, R.; Jäcker, M. (1996): Einfluss von Reifen und Fahrbahnen auf das Reifen-/Fahrbahngeräusch von Kraftfahrzeugen und administrative Maßnahmen zur Verminderung, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 43

Storchmann, Karl-Heinz (1993): Abgaben auf den Pkw-Verkehr und ihre Wirkungen auf den Kraftstoffverbrauch im internationalen Vergleich. RWI-Mitteilungen Vol. 44, 345-374.

Umweltbundesamt, Wuppertal Institute (1997): OECD Project "Environmentally Sustainable Transport (EST)", Deutsche Fallstudie, Phase 2, Berlin.

Umweltbundesamt (1997a): Daten zur Umwelt. Der Zustand der Umwelt in Deutschland. Ausgabe 1997, Berlin 1997

Umweltbundesamt (1997b): Nachhaltiges Deutschland. Wege zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Insbesondere Kap. III: Nachhaltige Mobilität (S.81-115), Berlin 1997

Umweltbundesamt (1999): Umweltauswirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen, UBA-Texte 40/99, Berlin

VDI (Hrsg.) (1995): Emissionen des Straßenverkehrs - Immissionen in Ballungsgebieten, VDI-Berichte 1228, Düsseldorf: VDI (Verein Deutscher Ingenieure)



Anhang 1

Instrumente und Maßnahmen für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung

Instrument	Leitmaßnahmen	ergänzende Maßnahmen
Verbesserung der Fahrzeugtechnik	Grenzwerte für CO ₂ , NO _x , VOC und Lärm für alle Fahrzeugkategorien Mineralölsteuererhöhung Benutzervorteile für lärmarme Fahrzeuge	Forschungsförderung Kooperation mit Fahrzeugherstellern Förderung der Stilllegung von Altfahrzeugen Benutzervorteile für schadstoffarme Fahrzeuge emissionsbez. Kfz-Steuer
Verbesserung am Fahrweg	Senkung der Lärmgrenzwerte durch BImSchV bei Neubau und wesentlichen Änderungen sowie bei Instandsetzungsmaßnahmen an Straßen und Schienenwegen	Schienenschleifen
Umweltschonende Energieträger: <i>regenerative Energien, reformulierte Kraftstoffe</i>	Erneuerbar.-Energien-Gesetz Investitionsförderungen für Energiesparmaßnahmen, regenerative Energien und Kraft-Wärme-Kopplung Energiewirtschaftsgesetz: Vorrangregelung für Kraft-Wärme-Kopplung und regenerative Energien Kraftstoffqualitätsrichtlinie	Gleichstellung von Bahnstromnetzen mit öffentlichen Netzen (s. Leitmaßnahmen) Steuerliche Förderung von reformulierten Kraftstoffen, Erdgas für ein „Phase in“ Aufhebung von Gasölbeihilfen für Landwirte
Verbesserung des ÖPNV	Subventionierung der Investitionen und des Betriebs nach dem Least-Cost-Prinzip Vorrangschalt., Busspuren Taktverdichtung, Netzerweiterung, flexible Bedienung: <i>Anrufsammeltaxen in dünnbesiedelten Räumen</i> Übersichtliches Tarifsystem,	Kundenfreundliche Gestaltung der Haltestellen Modernes Fahrzeugdesign Tarifsenkung bei ÖPNV und Bahn

Instrument	Leitmaßnahmen	ergänzende Maßnahmen
	Erleichterung des Fahr- scheinerwerbs, Verbesserung des Informationsangebots <i>Mobilitätsmanagement</i>	
Verbesserung des Bahntransports	fahrleistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe auf allen Straßen in Abhängig- keit von der Fahrzeugtechnik Ausbau des Eisenbahnnetzes und des kombinierten La- dungsverkehrs Abbau v. Grenzhemmnissen Wettbewerb auf der Schiene Verbesserung des Kunden- services der Bahn	Überwachung der Lenk- und Ruhezeiten im Lkw-Verkehr Nachtfahrverbote für Lkw
Erhöhung der Urba- nität: Erhöhung der Auf- enthalts- und Wohn- qualität: <i>Leben ohne Auto mög- lich, Nutzungsmi- schung, Verdichtung, Verbesserung der Be- dingungen für Fußgän- ger und Radfahrer, Re- duzierung des Ver- kehrsunfallrisikos</i>	Verkehrsberuhigung Verkehrsarme Siedlungsstrukturen	Verkehrserzeugungsabgabe Nachtfahrverbote für Lkw Stadtplanerische Maßnah- men: <i>Verbesserung des Stadtbildes</i> City-Logistik
Verkehrsberuhigung	Tempo 30 innerorts Veränderung der Fahrbahn- aufteilung zugunsten von Fußgängern und Radfahrern, Straßenrückbau, Begrünung des Straßenraums, Auf- enthalts- und Spielflächen im Straßenraum Parkraummanagement (Bündelung und Bewirtschaf- tung von Parkplätzen, Frei- halten von Flächen)	Verkehrserziehung, Aufklä- rung Road-Pricing Zufahrtsbeschränkungen Bürgerbeteiligung



Instrument	Leitmaßnahmen	ergänzende Maßnahmen
Verkehrsarme Siedlungsstrukturen	<p>Parkplatzsteuer</p> <p>Abgabe auf Flächeninanspruchnahme</p> <p>Verkehrssparsame Siedlungsplanung: z.B. ABC Standortplanung, ÖPNV-Knotenpunkte als Standortkerne</p> <p>Bildung kommunal verfasseter Stadtregionen zur Vermeidung kommunaler Standortkonkurrenz: evtl. Ablösung der Stadt- und Landkreise, Beispiel „Amtskommune“ in Dänemark</p> <p>Reform d. Landesbauordng.: Aufhebung der Stellplatznachweispflicht, Änderung der Regeln zum Bauabstand</p> <p>Reform der Wohnungsbauförderung: Bestands- und Innenentwicklung vor Neuansiedlung, Förderung flächensparender Bauweise</p> <p>Verstärkung der Städtebauförderung: Förderung der Innenentwicklung</p>	<p>Mineralölsteuererhöhung</p> <p>Reform der Baunutzungsverordnung: <i>Flexibilisierung der Gebietstypisierung, Abschaffung des reinen Wohngebiets, Gebietstyp „Autofreies Wohngebiet“, Gebietstyp „Autofreies Wohngebiet“, Ermächtigung zur Festsetzung für bestimmte Nutzungen</i></p>
Stärkung regionaler Wirtschaftsstrukturen	<p>Mineralölsteuererhöhung</p> <p>Schwerverkehrsabgabe</p> <p>Reform der Subventionen zur Förderung der regionalen Wirtschaft</p>	
Stärkung lokaler und regionaler Tourismusregionen	<p>Naturschutz</p> <p>Förderprogramme (finanziert z.B. aus der Kerosinsteuer)</p> <p>Marketing</p> <p>Mobilitätsservice für umweltfreundliche Mobilität zum und am Urlaubsort</p> <p>Einführung von handelbaren Emissionszertifikaten für den Flugverkehr</p>	<p>Einführung einer nach Anreisenart differenzierten Kur- oder Naturtaxe für Feriengäste</p>

Instrument	Leitmaßnahmen	ergänzende Maßnahmen
<p>Naturschutz:</p> <p><i>Erhalt großer unzerschnittener Räume, Erhalt und Entwicklung von Naturvorrangflächen, Schutz ökologischer Freiraumfunktionen, Erhalt naturnaher Flusssysteme</i></p>	<p>Anpassung der Bundesverkehrswegeplanung:</p> <p><i>Verzicht auf Erweiterung des Fernstraßennetzes, Freihaltung von Naturvorrangflächen und anderen ökologisch bedeutsamen Freiflächen sowie großer unzerschnittener Räume von überörtlichen Verkehrswegen, Bündelung von Verkehrs- und Versorgungsinfrastruktur, Reduzierung der Ausbaustandards</i></p> <p>Verkehrsarme Siedlungsstrukturen</p>	<p>Effektivierung von UVP und Eingriffsregelung</p>



Anhang 2

Beschreibung des SDM ESCOT

Grundlagen der Systemdynamik

Es hat sich gezeigt, dass sozioökonomische Systeme wie auch andere Systeme in der realen Welt häufig den Erwartungen widersprechen. Dass heißt, Maßnahmen, die kurzfristig einen positiven Effekt zeigen, können auf die Dauer zu negativen Resultaten führen. Dies veranlasste Forrester (1972) zu der Schlussfolgerung, dass sich solche Systeme aus mehreren interaktiven Rückkopplungsschleifen zusammensetzen. Um diese Rückkopplungsschleifen zu modellieren, entwickelte Forrester drei Typen von Strukturelementen und setzte sie nach einem bestimmten Schema zu Differentialgleichungssystemen zusammen, die die Beziehungen innerhalb des systemdynamischen Modells beschreiben.

Mit diesem Schema können sowohl lineare als auch nicht-lineare Systeme modelliert werden. Die Ergebnisse werden mit Hilfe von Computersimulationen berechnet, bei denen der Zustand des Systems schrittweise über den Simulationszeitraum bestimmt wird. Zusammengefasst bilden die folgenden Elemente die Basis der Systemdynamik:

- der gedankliche Problemlösungsprozess (z.B. Abschätzung der Relevanz der Wechselwirkungen)
- die Informations-Rückkopplungstheorie (z.B. Konstruktion eines Modells verschiedener Rückkopplungsschleifen)
- die Entscheidungstheorie (z.B. Festlegung von Entscheidungsregeln, um entlang der Zeitachse von einem Systemzustand zum nächsten zu gelangen)
- die Computersimulation.

Die Systemdynamischen Modelle werden nicht für Punktvorhersagen und Punktabuschätzungen eingesetzt. Sie dienen vielmehr der Vorhersage von Entwicklungstendenzen in komplexen Zusammenhängen über längere Zeiträume.

Struktur des BAU/EST - ESCOT

Die Struktur des SDM, das zur Bewertung der Szenarien entwickelt wurde, basiert auf fünf verschiedenen Modellen. Sie bilden die vier wichtigsten Subsysteme für die Beschreibung der betroffenen Bereiche und der politischen Handlungssphäre.

Das **makroökonomische Modell** liefert Informationen auf dem aggregierten ökonomischen Level (z.B. Volkseinkommen). Das **regionale wirtschaftliche Modell** wurde in zwölf verschiedene ökonomische Sektoren aufgeteilt. Weiterhin wurden neun funktionale Gebietstypen definiert (z.B. ländliche Regionen oder hochverdichtete Gebiete). Diese Klassifikation wurde auch im **Verkehrsmodell** verwendet. Zusätzlich unterscheidet dieses Modell zwischen den verschiedenen Verkehrsmitteln (Straße, Schiene, Wasser, Luft) und verschiedenen Typen von Infrastrukturverbindungen (z.B. Hochgeschwindigkeitsverbindungen zwischen Ballungsräumen). Das **Umweltmodell** berechnet die Emissionsdaten für die Verkehrsleistungen und schätzt die direkten Wirkungen. Das **politische Modell** steuert das Szenario, das die anderen Modellsysteme beeinflusst. Da die meisten politischen Maßnahmen einen direkten Einfluss auf das Verkehrsmodell haben, stellt dieses Modell in der Regel den Ausgangspunkt für die Simulierung der Wirkungsmechanismen dar.

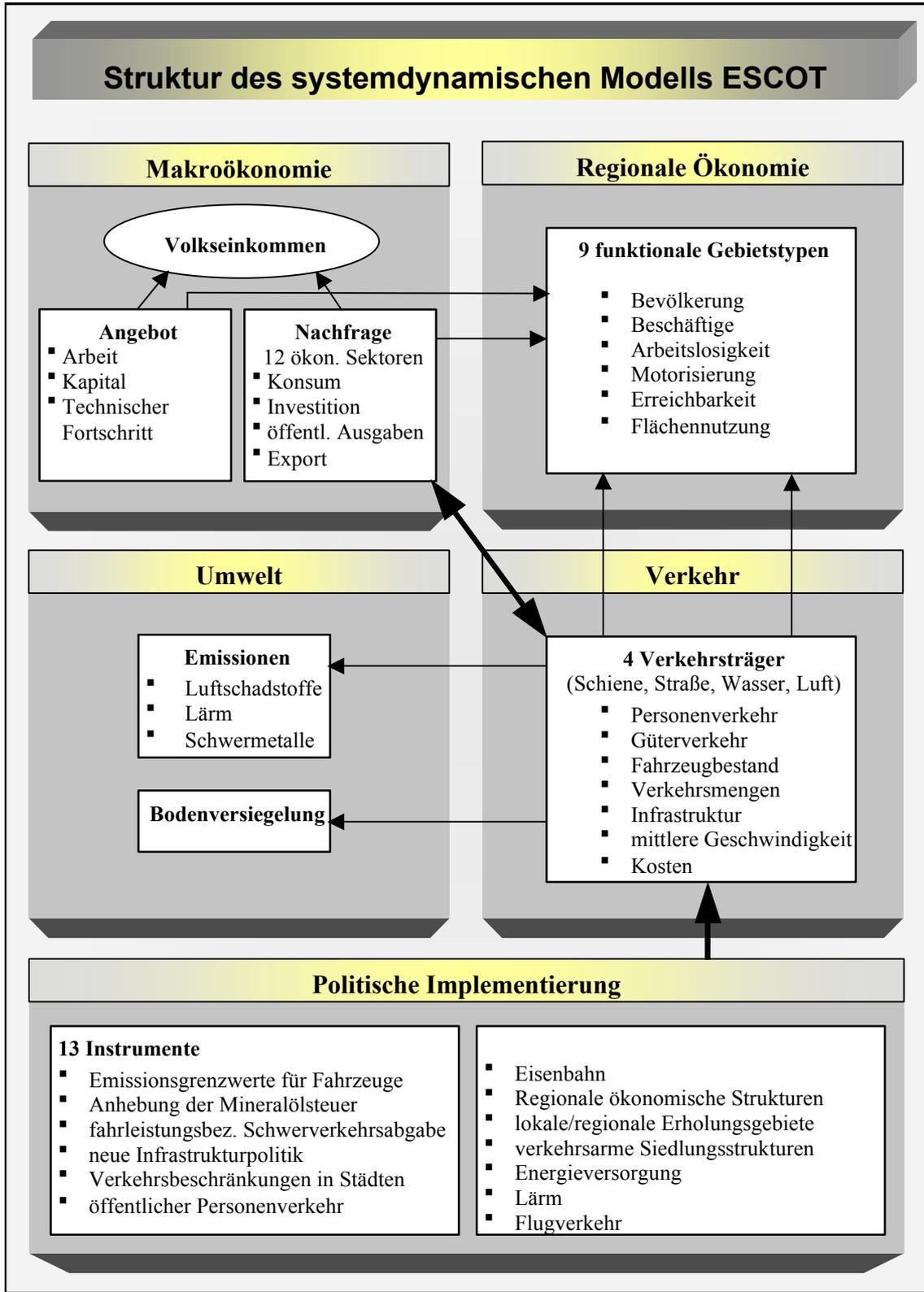
Die Grafik *Struktur des systemdynamischen Modells ESCOT und Instrumente des BAU/EST-Szenarios* ist auf der folgenden Seite zu sehen.

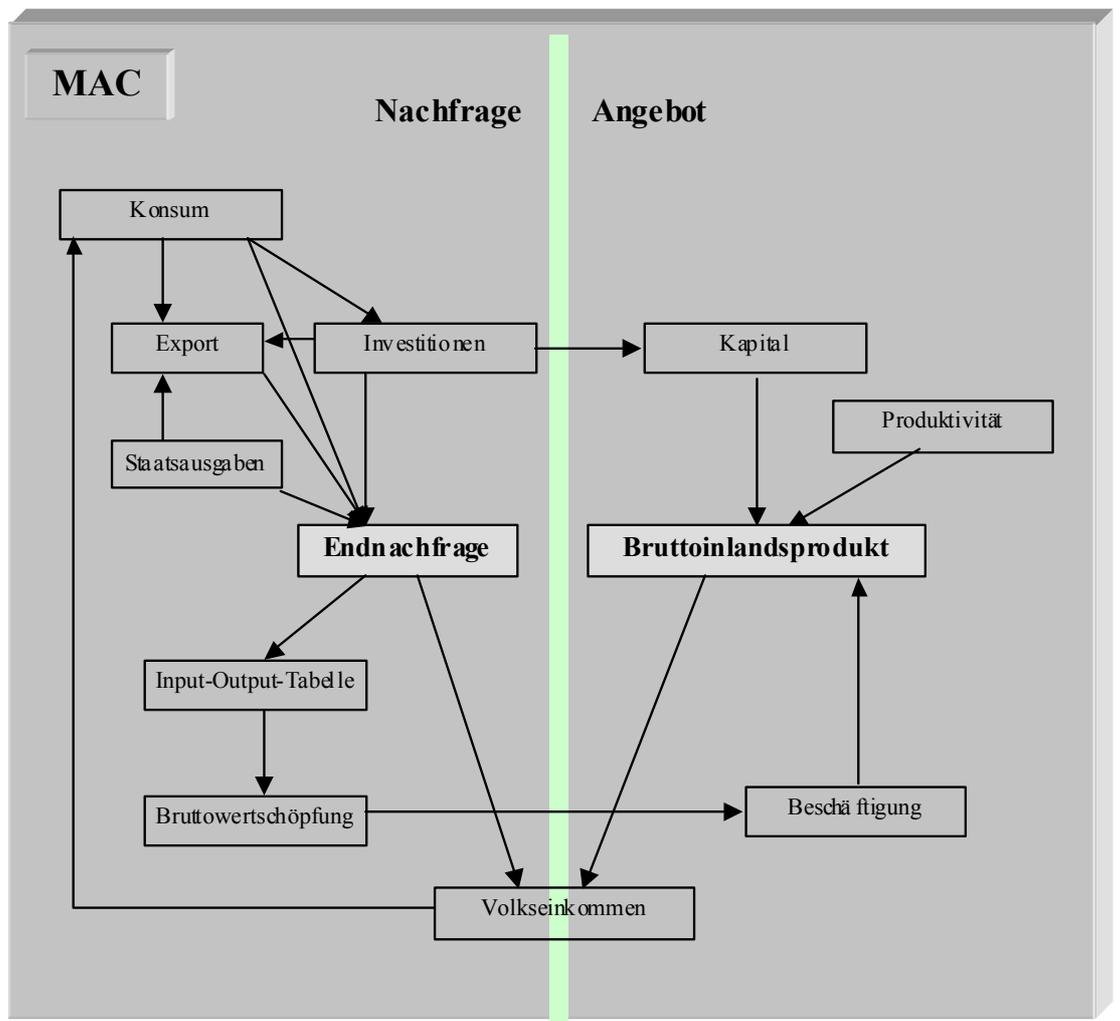
Das makroökonomische Modell

Das makroökonomische Modell unterscheidet als erweitertes keynesianisches Modell zwei Bereiche: die Nachfrage- und die Angebotsseite. Die Nachfrage teilt sich auf in die vier Hauptnachfragesektoren: Konsum, Investition, Staatsausgaben und Export. Jeder dieser vier Nachfragesektoren wurde in 12 ökonomische Bereiche (z.B. Mineralölindustrie) unterteilt.

Die Angebotsseite teilt sich auf in die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital. Zusätzlich wurde auf der Angebotsseite der technische Fortschritt berücksichtigt, um technologische Entwicklungen in der ökonomischen Betrachtung berücksichtigen zu können. Der gewählte Modellierungsansatz zielt nicht auf eine Abbildung von kurz- bzw. mittelfristigen Konjunkturzyklen ab, sondern auf die Erfassung der langfristigen ökonomischen Entwicklungen und Zusammenhänge.

Die Grafik *Nachfrage- und Angebotsseite in ESCOT* befindet sich auf der übernächsten Seite.





Nachfrage- und Angebotseite in ESCOT



Nachfrageseite

Wichtigstes Ziel bei der Modellierung der Nachfrageseite ist die Bestimmung der Endnachfrage, die durch die Entwicklung des Konsums, der Investitionen, der Staatsausgaben und des Exports bestimmt wird. Die Variable **Konsum** repräsentiert den Verbrauch der privaten Haushalte. Eine Eingangsgröße für ihre Berechnung ist das Volkseinkommen. Weitere Eingangsgrößen sind verkehrsbezogene Verbrauchszahlen wie Mineralölindustrie (Kraftstoffverbrauch für Pkw-Fahrten), Nachfrage nach Fahrzeugen (Aufwendungen für Pkw und Motorräder, Reparaturen) sowie Verkehrsdienstleistungen (Bahn-, Bus- und Flugreisen).

Es wird unterstellt, dass sich das Konsumverhalten privater Haushalte ändert, wenn die Preise im Verkehrssektor steigen. Wir nehmen an, dass die Ausgaben für den Verkehrssektor die Ausgaben in nicht verkehrsbezogenen Sektoren beeinflussen und zwar dergestalt, dass ein Rückgang der verkehrsbezogenen Ausgaben zu einem nicht vernachlässigbaren Anstieg der Ausgaben in anderen Sektoren führt. Dies muss jedoch nicht bedeuten, dass eine vollständige Kompensation eintritt. Bei allen Berechnungen wurden die Steuern – insbesondere die Mineralölsteuer – einbezogen.

Die Variable **Investition** repräsentiert die Investitionen der Unternehmen und der öffentlichen Hand. Die Entwicklung der Investitionen innerhalb eines Sektors ist abhängig vom zugehörigen Konsum. Eine weitere Einflussgröße auf die Investitionen bildet das Güterverkehr-Submodul. Die Verkehrsmodule liefern Informationen über die Verkehrsleistungen im Straßen-, Schienen- und Schiffsgüterverkehr. Dieser Input dient als Indikator für die Investitionen in Fahrzeuge und Logistik-Infrastruktur. Schließlich müssen auch die Investitionen der öffentlichen Hand in die Straßen- und Schieneninfrastruktur berücksichtigt werden.

Die Variable **Staatsausgaben** erfasst die laufenden Ausgaben der öffentlichen Hand, für die ein jährlicher Anstieg von zwei Prozent angenommen wird. Die Variable **Export** folgt systemimmanent der Entwicklung der Variablen Konsum, Investition und Staatsausgaben in den einzelnen Sektoren, dass heißt aus der je Sektor gebildeten Summe dieser drei Variablen wird ein Trend abgeleitet und auf den Export übertragen. Aus der Summe von Konsum, Investition, Staatsausgaben und Export ergibt sich die Endnachfrage für jeden Sektor. Mit Hilfe der Endnachfrage lassen sich die drei ökonomischen Basisindikatoren Volkseinkommen, Bruttowertschöpfung und eine Input-Output-Tabelle für die ökonomische Verflechtung zwischen den Sektoren berechnen.

Die Angebotsseite

Auf der Angebotsseite liegt der Schwerpunkt bei der Berechnung des Bruttoinlandsprodukts (BIP), das sich auch als Maß für die Leistungsfähigkeit der Wirtschaft interpretieren lässt. Für die Berechnung des Bruttoinlandsprodukts wird eine erweiterte Cobb-Douglas-Funktion mit den Eingangsgrößen Arbeit, Kapital und Produktivität verwendet:

$$\text{BIP}(t) = c * e^{(\text{Produktivität} * t)} * \text{Arbeit}(t)^\alpha * \text{Kapital}(t)^\beta$$

mit c : Niveau-Konstante, α , β : Produktionselastizitäten

Die Variable **Arbeit** steht für das Arbeitsvolumen in Arbeitsstunden pro Jahr. Sie basiert auf der Zahl der Beschäftigten, die sich aus der Bruttowertschöpfung und der spezifischen Beschäftigung pro Einheit der Bruttowertschöpfung jedes Sektors ergibt. Die Sektoren für Fahrzeugherstellung und Verkehrsleistungen werden hierbei getrennt nach Verkehrsmitteln betrachtet. Dies ermöglicht die Berücksichtigung von Verschiebungen am Arbeitsmarkt von einem Verkehrsmittel zu einem anderen.

Die Variable **Kapital** ist abhängig von den privaten und staatlichen Investitionen und ihren Abschreibungen. Für die Abschreibung wird eine Lebensdauer von 15 Jahren angesetzt. Der immer schnellere technische Fortschritt führt zu einer stetigen Verkürzung der Lebensdauer, wie es schon in den letzten Jahren, insbesondere in der Computerindustrie beobachtet werden konnte. Für die Variable **Produktivität** wird ein eigenständiger Verlauf des technischen Fortschritts angenommen. Diese eigenständige Entwicklung der Produktivität ist in beiden Szenarien gleich. Zusätzlich wird berücksichtigt, dass die Produktivität in Deutschland in hohem Maße von den Entwicklungen in der Automobilindustrie abhängig ist. Daher wurde ein Indikator eingeführt, der die Entwicklung der Produktivität bei der Herstellung von Personenwagen, leichten und schweren Nutzfahrzeugen sowie Flugzeugen widerspiegelt. Da die verschärften Emissionsanforderungen im EST-Szenario zu vermehrter Forschung, Innovation und neuer Technologie führen, wächst dieser Indikator. Im Rahmen von EST kann somit ein stärkerer technischer Fortschritt erwartet werden.



Anhang 3

EST35 und EST33: Szenarien mit abgeschwächten CO₂ Kriterien

Veranlassung und zentrale Annahmen

Ist eine Reduktion der CO₂ Emissionen um 80 Prozent bis zum Jahr 2030 in der industrialisierten Welt tatsächlich erforderlich? Um diese Diskussion zu berücksichtigen, sind für das EST3-Szenario zusätzlich die Auswirkungen einer Minderung der CO₂ Emissionen um 50 Prozent (EST35) und um 30 Prozent (EST33) untersucht worden. Die anderen Kriterien (für NO_x, VOC, PM, Lärm und Flächennutzung für verkehrliche Zwecke) blieben dabei unverändert.

Würde die in BAU für das Jahr 2030 erwartete Verkehrsleistung mit der fortschrittlichen Technik von EST3 kombiniert, so lägen die NO_x-Emissionen um etwa 80 Prozent und die CO₂-Emissionen um 6 Prozent unter den Werten von 1990. Auch wenn die Technik stark forciert wird, sind also Verkehrsminderungen auch in dem Fall notwendig, wenn nur 30 Prozent der CO₂-Emissionen eingespart werden sollen. Die beiden Szenarien EST33 und EST35 sehen jedoch auch auf der technischen Seite Lockerungen gegenüber EST3 vor. Abweichungen von EST3 sind für beide Szenarien:

- *Der Anteil regenerativ erzeugten Stroms wird mit 29 Prozent angenommen (EST3: 53 Prozent).*
- *Der Treibstoffverbrauch der Pkw beträgt 3,86 l/100km, was einem Emissionsfaktor für CO₂ von 90g/km entspricht (EST3: 2,5l/100km).*
- *Der Anteil der Trolley-Busse an den Linienbussen beträgt 25 Prozent, die anderen Linienbusse sind mit Gasmotoren ausgestattet.*
- *Die Verminderung des Treibstoffverbrauchs der schweren Nutzfahrzeuge, der Binnenschiffe und Seeschiffe wird mit 30 Prozent etwas niedriger angesetzt als in EST3 (40 Prozent).*

Bei Flugzeugen wird eine Verminderung des Treibstoffverbrauchs um 45 Prozent unterstellt (EST3: 55 Prozent).

Die resultierenden Emissionsfaktoren wurden mit neuen Werten für die Fahrleistungen kombiniert, so dass unter den gegebenen Bedingungen mög-

lichst viel Verkehr realisiert werden kann. Da das EST-Kriterium für NO_x beim EST33-Szenario (30 Prozent CO₂ Minderung) verfehlt zu werden drohte, wurde dem Pkw-Verkehr ein größeres Wachstum eingeräumt als dem Lkw-Verkehr. Zudem erhielt der öffentliche Verkehr gegenüber dem privaten Autoverkehr Vorrang, um so viel wie möglich der Personenverkehrsleistung aus BAU zuzulassen.

Auswirkungen der EST35- und EST33-Szenarien

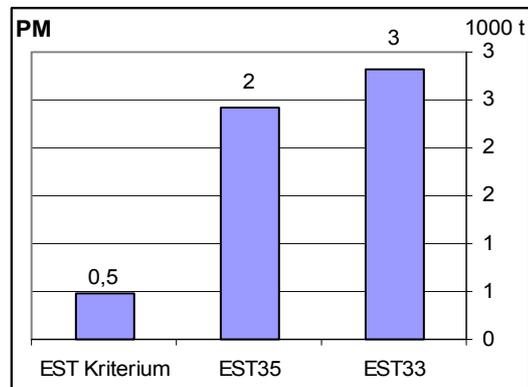
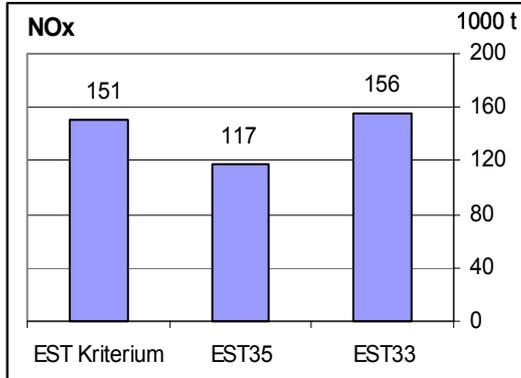
Zur Einhaltung der Minderung der CO₂-Emissionen um 50 Prozent müssen die Fahrleistungen der Autos verglichen mit 1990 um 25 Prozent reduziert werden, im 30 Prozent Reduktionsszenario ist dagegen eine Zunahme der Pkw-Fahrleistung um knapp 30 Prozent möglich. Für die schweren Nutzfahrzeuge ergeben sich ähnliche Resultate (siehe Tabelle).

	2030/1990			
	EST3	EST35	EST33	BAU
CO ₂ -Kriterium	-80%	-50%	-30%	-
PKW	0,35	0,75	1,28	1,62
außerorts	0,40	0,90	1,50	1,94
innerorts	0,25	0,50	0,90	1,07
Nutzfahrzeuge	0,29	0,70	1,09	2,40
leichte Nutzfahrzeuge	0,33	0,65	0,96	2,67
schwere Nutzfahrzeuge	0,25	0,74	1,20	2,18

Veränderungen der Fahrleistungen von Pkw und Nutzfahrzeugen in EST3, EST35 und EST33

Im EST35-Szenario bleibt der Luftverkehr gegenüber 1990 konstant, während er im EST33-Szenario um 30 Prozent zunehmen kann. In beiden Szenarien ist es notwendig, einen Großteil des Personenverkehrs auf öffentliche Verkehrsmittel beziehungsweise des Güterverkehrs auf die Schiene und die Binnenschifffahrt zu verlagern.

Das EST-Kriterium für VOC wird in jedem der Szenarien erfüllt. Das Kriterium für NO_x wird in EST33 ganz knapp verfehlt. Das Minderungsziel für Partikel wird jedoch weder in EST33 noch in EST35 erreicht.



Veränderungen der Emissionen in EST3, EST35 und EST33

Abschätzungen der Effekte dieser Szenarien auf den Lärm und die Flächennutzung für verkehrliche Zwecke wurden nicht durchgeführt. Allerdings erscheint es als unwahrscheinlich, dass diese beiden Kriterien im EST33-Szenario erfüllt werden können. Im EST35-Szenario dürfte das Flächennutzungskriterium erreichbar sein, das Lärmkriterium wahrscheinlich nicht.

Anhang 4

Emissionsfaktoren, Emissionen,

Fahr- und Verkehrsleistungen

in den Szenarien

BAU, EST1, EST2 und EST3



est!

"Business-as-usual" Szenario: Emissionsfaktoren									
Schadstoffe		NOx		VOC		PM		CO2	
		1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030
Verkehrsmittel	außerorts	0.15	0.01	3.79	0.36	nc	nc	88.8	62.0
	innerorts	0.04	0.00	4.81	0.46	nc	nc	76.4	53.0
Pkw (Otto)	außerorts	1.89	0.19	1.49	0.02	nc	nc	185.7	109.0
	innerorts	1.41	0.19	5.50	0.06	nc	nc	260.0	150.0
Pkw (Diesel)	außerorts	0.58	0.20	0.06	0.03	0.11	0.01	176.6	112.0
	innerorts	0.69	0.17	0.18	0.07	0.13	0.02	222.3	141.0
Elektroauto	außerorts	*	0.08	*	0.00	*	0.01	*	80.0
	innerorts	*	0.10	*	0.01	*	0.01	*	100.0
leichtes Nfz.	außerorts	2.91	0.22	2.55	0.03	nc	nc	278.0	156.0
	innerorts	1.91	0.32	8.90	0.05	nc	nc	344.5	199.0
leichtes Nfz.	außerorts	1.31	0.28	0.19	0.03	0.38	0.03	324.5	175.0
	innerorts	1.33	0.36	0.78	0.09	0.50	0.04	355.6	208.0
schweres Nfz	außerorts	9.26	2.36	1.11	0.35	0.55	0.03	822.6	638.0
	innerorts	10.98	2.56	2.68	0.86	0.87	0.05	888.9	674.0
Reisebus	außerorts	9.68	2.32	1.27	0.40	0.45	0.03	812.6	594.0
	innerorts	16.02	3.82	3.69	1.16	1.00	0.06	1290.9	932.0
Linienbus	außerorts	9.90	2.85	1.78	0.37	1.05	0.03	727.4	566.0
	innerorts	16.92	4.27	2.59	0.71	1.10	0.05	1148.0	844.0
Linienbus	außerorts	*	0.71	*	0.19	*	0.02	*	566.0
	innerorts	*	1.07	*	0.35	*	0.02	*	844.0
Stadtbahn	g/kWh	0.64	0.64	0.04	0.04	0.05	0.05	664.0	664.0
	g/kWh	0.37	0.37	0.00	0.00	0.04	0.04	520.0	520.0
Eisenbahn (Diesel)	g/kg	51.50	30.90	4.80	3.80	1.10	0.70	3168.0	3168.0
	g/kg	59.40	35.60	5.60	4.50	2.30	1.40	3168.0	3168.0
Hochseeschiff	g/kg	59.40	35.60	5.60	4.50	2.30	1.40	3168.0	3168.0
	g/kg	12.00	15.00			nc	nc	3120.0	3120.0

* = vernachlässigbarer Einfluß, nc = nicht betrachtet

"Business-as-usual" Szenario (BAU): Emissionen											
Mrd km, t (Ausnahmen angegeben)		Fzkm/Energieverb.		NOx		VOC		PM		CO2	
		1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030
Verkehrsmittel											
Motorräder		10.9	16.0	1,631	160	41,207	5,760			965,269	992,000
		4.9	7.0	194	0	23,384	3,220			371,613	371,000
Pkw (Otto)		269.2	352.7	508,697	67,013	401,036	7,054			49,989,533	38,444,300
		158.2	96.6	223,102	18,360	870,257	5,798			41,145,743	14,494,500
Pkw (Diesel)		48.6	256.5	28,187	51,302	2,916	7,695	5,346	2,565	8,582,521	28,729,120
		28.2	70.3	19,449	11,948	5,074	4,920	3,664	1,406	6,266,403	9,909,480
Elektroauto			8.2		654		0		82		653,600
			32.7		3,268		327		327		3,268,000
leichtes Nfz.		11.9	12.0	34,569	2,640	30,292	360			3,302,436	1,872,000
		5.7	6.0	10,867	1,920	50,639	300			1,959,890	1,194,000
leichtes Nfz.		9.9	50.0	12,935	14,000	1,876	1,500	3,752	1,500	3,204,466	8,750,000
		4.0	16.0	5,256	5,760	3,082	1,440	1,976	640	1,405,412	3,328,000
Diesel		29.3	70.0	271,345	165,200	32,526	24,500	16,117	2,100	24,103,382	44,660,000
schweres Nfz		7.4	10.0	80,746	25,600	19,709	8,600	6,398	500	6,536,553	6,740,000
Diesel		1.7	2.3	16,040	5,336	2,104	920	746	69	1,346,521	1,366,200
Reisebus		0.4	0.7	7,166	2,674	1,651	812	447	42	577,444	652,400
Diesel		1.2	0.8	11,437	2,203	2,056	286	1,213	23	840,286	437,518
Linienbus		0.9	0.6	15,405	2,605	2,358	433	1,002	31	1,045,207	514,840
Diesel			0.1		43		12		1		34,526
Linienbus			0.5		587		192		11		463,356
Gas											
Stadtbahn		1,700.0	1,465.0	1,081	932	60	51	88	76	1,128,800	972,760
Eisenbahn (el.)		8,922.0	11,000.0	3,301	4,070	0	0	357	440	4,639,440	5,720,000
MWh elektr. †											
Eisenbahn (Diesel)		810.0	525.0	41,715	16,223	3,888	1,995	891	368	2,566,080	1,663,200
Diesel (kt) †		655.0	900.0	38,907	32,040	3,668	4,050	1,507	1,260	2,075,040	2,851,200
Binnenschiff		2,110.0	3,000.0	125,334	106,800	11,816	13,500	4,853	4,200	6,684,480	9,504,000
Diesel (kt) †		4,495.0	15,764.9	53,940	236,473					14,024,400	49,186,429
Hochseeschiff											
Flugzeug											
Kerosin (kt) †											
~ Schätzung; † Daten von 1991				1,511,304	777,810	1,509,598	93,725	48,356	15,640	182,760,919	236,772,429
Emissionen 2030 / 1990				51.5		6.2		32.3			129.6

"Business-as-usual" Szenario (BAU): Fahrleistung, Energieverbrauch und Verkehrsleistung							
Transportart	Parameter	Fzkm / Energieverbrauch		Verkehrsleistung (Mrd. p-km, t-km)			
		1990	2030	Index	1990	2030	Index
Personenverkehr							
zu Fuß	nc	nc	nc	nc	29.6	23.7	0.80
Fahrrad	nc	nc	nc	nc	23.6	21.2	0.90
Stadtbahn	MWh elektrisch	1700.0	1465.0	0.86	13.0	10.1	0.78
Linienbus	außerorts	1.2	0.8	0.72	23.5	15.7	0.67
	innerorts	0.9	1.2	1.27	18.5	21.9	1.18
Reisebus	außerorts	1.7	2.3	1.39	21.7	30.2	1.39
	innerorts	0.4	0.7	1.57	5.9	9.2	1.57
Eisenbahn (elektrisch)	MWh elektrisch				48.1	60.8	1.26
Eisenbahn (Diesel)	kt				13.4	20.2	1.51
Motorrad	außerorts	10.9	16.0	1.47	12.0	17.6	1.47
	innerorts	4.9	7.0	1.44	5.3	7.7	1.44
Pkw	außerorts	317.8	617.4	1.94	473.4	802.6	1.70
	innerorts	186.4	199.6	1.07	231.2	229.5	0.99
Flugzeug	kt	4495.0	15764.9	3.51	100.3	529.7	5.28
Σ Personenverkehr					1019.5	1800.1	1.77
Güterverkehr							
Eisenbahn (elektrisch)	MWh elektrisch				76.1	76.1	1.00
Eisenbahn (Diesel)	kt				28.3	28.3	1.00
Binnenschiff	kt	655.0	900.0	1.37	56.0	84.6	1.51
Hochseeschiff	kt	2110.0	3000.0	1.42	845.0	1501.8	1.78
leichte, schwere Nfz.	außerorts	51.1	132.0	2.59	151.7	392.3	2.59
	innerorts	17.0	32.0	1.88	50.5	95.1	1.88
Σ Güterverkehr					1207.6	2178.2	1.80

Technologieszenario (EST1): Emissionsfaktoren

Schadstoffe	NOx		VOC		PM		CO2	
	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030
Verkehrsmittel								
Motorräder								
(g/km)	0.15	0.01	3.79	0.18	nc	nc	88.8	23.3
	0.04	0.00	4.81	0.23	nc	nc	76.4	20.0
Pkw (Otto)	1.89		1.49		nc		185.7	
(g/km)	1.41		5.50		nc		260.0	
Pkw (Diesel)	0.58		0.06		0.11		176.6	
(g/km)	0.69		0.18		0.13		222.3	
Pkw (Hypercar)	*	0.03	*	0.00	*	0.00	*	35.0
	*	0.03	*	0.01	*	0.00	*	35.0
leichtes Nfz.	2.91		2.55		nc		278.0	
Otto (g/km)	1.91		8.90		nc		344.5	
leichtes Nfz.	1.31		0.19		0.38		324.5	
Diesel (g/km)	1.33		0.78		0.50		355.6	
leichtes Nfz.		0.00		0.00		0.00		0.0
Brennstoffzelle (g/km)		0.00		0.00		0.00		0.0
schweres Nfz	9.26		1.11		0.55		822.6	
Diesel (g/km)	10.98		2.68		0.87		888.9	
Reisebus	9.68		1.27		0.45		812.6	
Diesel (g/km)	16.02		3.69		1.00		1290.9	
Linienbus	9.90		1.78		1.05		727.4	
Diesel (g/km)	16.92		2.59		1.10		1148.0	
Linienbus	*	0.00	*	0.00	*	0.00	*	0.0
Gas (g/km)	*	0.00	*	0.00	*	0.00	*	0.0
Stadtbahn	0.64		0.04		0.05		664.0	
Eisenbahn (el.)	0.37		0.00		0.04		520.0	
Eisenbahn (Diesel)	51.50		4.80		1.10		3168.0	
g/kg	59.40		5.60		2.30		3168.0	
Binnenschiff	59.40		5.60		2.30		3168.0	
g/kg	59.40		5.60		2.30		3168.0	
Hochseeschiff	12.00	14.82			nc	nc	3120.0	0.0
g/kg								

* = vernachlässigbarer Einfluß, nc = nicht

Technologieszenario (EST1): Emissionen												
Mrd km, t (Ausnahmen angegeben)	Fzkm/Energieverb.		NOx		VOC		PM		CO2			
	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030		
Verkehrsmittel												
Motorräder	10.9	16.0	1,631	160	41,207	2,880			965,269	372,800		
	4.9	7.0	194	0	23,384	1,610			371,613	140,000		
Pkw (Otto)	269.2		508,697	0	401,036	0			49,989,533	0		
	158.2		223,102	0	870,257	0			41,145,743	0		
Pkw (Diesel)	48.6		28,187	0	2,916	0	5,346	0	8,582,521	0		
	28.2		19,449	0	5,074	0	3,664	0	6,266,403	0		
Pkw (Hypercar)		617.4		19,756		617		0		21,608,300		
		199.6		6,387		2,395		0		6,985,300		
leichtes Nfz.	11.9		34,569	0	30,292	0			3,302,436	0		
Otto	5.7		10,867	0	50,639	0			1,959,890	0		
leichtes Nfz.	9.9		12,935	0	1,876	0	3,752	0	3,204,466	0		
Diesel	4.0		5,256	0	3,082	0	1,976	0	1,405,412	0		
leichtes Nfz.		62.0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Brennstoffzelle		22.0	0	0	0	0	0	0	0	0		
schweres Nfz	29.3	70.0	271,345	0	32,526	0	16,117	0	24,103,382	0		
Diesel	7.4	10.0	80,746	0	19,709	0	6,398	0	6,536,553	0		
Reisebus	1.7	2.3	16,040	0	2,104	0	746	0	1,346,521	0		
Diesel	0.4	0.7	7,166	0	1,651	0	447	0	577,444	0		
Linienbus	1.2		11,437	0	2,056	0	1,213	0	840,286	0		
Diesel	0.9		15,405	0	2,358	0	1,002	0	1,045,207	0		
Linienbus		0.8		0		0		0		0		
Gas		1.2		0		0		0		0		
Stadtbahn	1,700.0	1,099.0	1,081	0	60	0	88	0	1,128,800	0		
Eisenbahn (el.)	8,922.0	8,250.0	3,301	0	0	0	357	0	4,639,440	0		
Eisenbahn (Diesel)	810.0	525.0	41,715	0	3,888	0	891	0	2,566,080	0		
Binnenschiff	655.0	540.0	38,907	5,400	3,668	2,430	1,507	62	2,075,040	1,710,720		
Hochseeschiff	2,110.0	1,800.0	125,334	18,000	11,816	8,100	4,853	207	6,684,480	5,702,400		
Flugzeug	4,495.0	4,624.3	53,940	68,533					14,024,400	0		
~ Schätzung; † Daten von 1991			1,511,304	118,235	1,509,598	18,032	48,356	269	182,760,919	36,519,520		
Emissionen 2030 / 1990		7.8		1.2			0.6			20.0		

Technologieszenario (EST1): Fahrleistung, Energieverbrauch und Verkehrsleistung						
Transportart	Parameter	Fzkm / Energieverbrauch	1990	2030	Index	Verkehrsleistung (Mrd. p-km, t-km)
			1990	2030	Index	1990
						2030
						Index
Personenverkehr						
zu Fuß	nc	nc	nc	nc	nc	23.7
Fahrrad	nc	nc	nc	nc	nc	21.2
Stadtbahn	MWh elektrisch	1700.0	1465.0	0.86	0.86	13.0
Linienbus	außerorts	1.2	0.8	0.72	0.72	23.5
	innerorts	0.9	1.2	1.34	1.34	18.5
Reisebus	außerorts	1.7	2.3	1.39	1.39	21.7
	innerorts	0.4	0.7	1.57	1.57	5.9
Eisenbahn (elektrisch)	MWh elektrisch					48.1
Eisenbahn (Diesel)	kt					13.4
Motorrad	außerorts	10.9	16.0	1.47	1.47	12.0
	innerorts	4.9	7.0	1.44	1.44	5.3
Pkw	außerorts	317.8	617.4	1.94	1.94	473.4
	innerorts	186.4	199.6	1.07	1.07	231.2
Flugzeug	kt	4495.0	4624.3	1.03	1.03	100.3
Σ Personenverkehr						1019.5
						1800.1
Güterverkehr						
Eisenbahn (elektrisch)	MWh elektrisch					76.1
Eisenbahn (Diesel)	kt					28.3
Binnenschiff	kt	655.0	900.0	1.37	1.37	56.0
Hochseeschiff	kt	2110.0	3000.0	1.42	1.42	845.0
leichte, schwere Nfz.	außerorts	51.1	132.0	2.58	2.58	151.9
	innerorts	17.0	32.0	1.87	1.87	50.8
Σ Güterverkehr						1208.1
						2178.2
						1.80

Verkehrsmanagement Szenario (EST2): Emissionsfaktoren									
Schadstoffe	NOx		VOC		PM		CO2		
	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030	
Verkehrsmittel									
Motorräder									
(g/km)									
	außerorts	0.15	0.01	3.79	0.36	nc	nc	88.8	62.0
	innerorts	0.04	0.00	4.81	0.46	nc	nc	76.4	53.0
Pkw (Otto)									
(g/km)									
	außerorts	1.89	0.19	1.49	0.02	nc	nc	185.7	109.0
	innerorts	1.41	0.19	5.50	0.06	nc	nc	260.0	150.0
Pkw (Diesel)									
(g/km)									
	außerorts	0.58	0.20	0.06	0.03	0.11	0.01	176.6	112.0
	innerorts	0.69	0.17	0.18	0.07	0.13	0.02	222.3	141.0
Elektroauto									
(g/km)									
	außerorts	*	0.08	*	0.00	*	0.01	*	80.0
	innerorts	*	0.10	*	0.01	*	0.01	*	100.0
leichtes Nfz.									
(g/km)									
	außerorts	2.91	0.22	2.55	0.03	nc	nc	278.0	156.0
	innerorts	1.91	0.32	8.90	0.05	nc	nc	344.5	199.0
leichtes Nfz.									
(g/km)									
	außerorts	1.31	0.28	0.19	0.03	0.38	0.03	324.5	175.0
	innerorts	1.33	0.36	0.78	0.09	0.50	0.04	355.6	208.0
schweres Nfz.									
(g/km)									
	außerorts	9.26	2.36	1.11	0.35	0.55	0.03	822.6	638.0
	innerorts	10.98	2.56	2.68	0.86	0.87	0.05	888.9	674.0
Reisebus									
(g/km)									
	außerorts	9.68	2.32	1.27	0.40	0.45	0.03	812.6	594.0
	innerorts	16.02	3.82	3.69	1.16	1.00	0.06	1290.9	932.0
Linienbus									
(g/km)									
	außerorts	9.90	2.85	1.78	0.37	1.05	0.03	727.4	566.0
	innerorts	16.92	4.27	2.59	0.71	1.10	0.05	1148.0	844.0
Linienbus									
(g/km)									
	außerorts	*	0.71	*	0.19	*	0.02	*	566.0
	innerorts	*	1.07	*	0.35	*	0.02	*	844.0
Stadtbahn									
(g/kWh)									
		0.64	0.64	0.04	0.04	0.05	0.05	664.0	664.0
Eisenbahn (el.)									
(g/kWh)									
		0.37	0.37	0.00	0.00	0.04	0.04	520.0	520.0
Eisenbahn (Diesel)									
(g/kg)									
		51.50	30.90	4.80	3.80	1.10	0.70	3168.0	3168.0
Binnenschiff									
(g/kg)									
		59.40	35.60	5.60	4.50	2.30	1.40	3168.0	3168.0
Hochseeschiff									
(g/kg)									
		59.40	35.60	5.60	4.50	2.30	1.40	3168.0	3168.0
Flugzeug									
(g/kg)									
		12.00	15.00			nc	nc	3120.0	3120.0

* = vernachlässigbarer Einfluss, nc = nicht betrachtet

Verkehrsmanagementzenario (EST2): Emissionen

Mrd km. t. (Ausnahmen angegeben)	Ezkm/Energieverb.		NOx		VOC		PM		CO2	
	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030
Verkehrsmittel										
Motorräder	10.9	7.6	1.631	76	41.207	2.740			965.269	471.871
	4.9	3.4	194	0	23.384	1.565			371.613	180.362
Pkw (Otto)	269.2	26.9	508.697	5.114	401.036	538			49.989.533	2.933.753
	158.2	15.8	223.102	3.006	870.257	949			41.145.743	2.373.428
Pkw (Diesel)	48.6	4.9	28.187	972	2.916	146	5.346	49	8.582.521	544.305
	28.2	2.8	19.449	479	5.074	197	3.664	56	6.266.403	397.428
Elektroauto		0.3		21		0		3		20.684
		1.0		103		10		10		103.419
leichtes Nfz.	11.9	4.2	34.569	915	30.292	125			3.302.436	648.608
Otto	5.7	2.0	10.867	637	50.639	100			1.959.890	396.291
leichtes Nfz.	9.9	3.5	12.935	968	1.876	104	3.752	104	3.204.466	604.793
Diesel	4.0	1.4	5.256	498	3.082	124	1.976	55	1.405.412	287.690
schweres Nfz	29.3	2.9	271.345	6.915	32.526	1.026	16.117	88	24.103.382	1.869.524
Diesel	7.4	0.7	80.746	1.883	19.709	632	6.398	37	6.536.553	495.656
Reisebus	1.7	1.7	16.040	3.844	2.104	663	746	50	1.346.521	984.253
Diesel	0.4	0.4	7.166	1.709	1.651	519	447	27	577.444	416.895
Linienbus	1.2	1.7	11.437	4.939	2.056	641	1.213	52	840.286	980.785
Diesel	0.9	1.4	15.405	5.831	2.358	970	1.002	68	1.045.207	1.152.641
Linienbus		0.1		97		26		3		77.298
Gas		1.2		1.315		430		25		1.037.377
Stadtbahn	1700.0	3060.0	1.081	1.946	60	107	88	159	1.128.800	2.031.840
Eisenbahn (el.)	8922.0	16059.6	3.301	5.942	0	0	357	642	4.639.440	8.350.992
Eisenbahn (Diesel)	810.0	1215.0	41.715	37.544	3.888	4.617	891	851	2.566.080	3.849.120
Binnenschiff	655.0	818.8	38.907	29.148	3.668	3.684	1.507	1.146	2.075.040	2.593.800
Hochseeschiff	2110.0	738.5	125.334	26.291	11.816	3.323	4.853	1.034	6.684.480	2.339.568
Flugzeug	4495.0	476.2	67.425	7.143					14.024.400	1.485.714
~ Schätzung; † Daten von 1991			1.524.789	147.335	1.509.598	23.237	48.356	4.458	182.760.919	36.628.092
Emissionen 2030/1990			9.7	9.7	1.5	1.5	9.2	9.2	20.0	20.0

Verkehrsmanagementzenario (EST2): Fahrleistung, Energieverbrauch und Verkehrsleistung						
Transportart	Parameter	Fzkm / Energieverbrauch			Verkehrsleistung (Mrd. p-km, t-km)	
		1990	2030	Index	1990	2030
						Index
Personenverkehr						
zu Fuß	nc	nc	nc	nc	29.6	59.2
Fahrrad	nc	nc	nc	nc	23.6	47.2
Stadtbahn	MWh elektrisch	1700.0	3060.0	1.80	13.0	35.1
Linienbus	außerorts	1.2	1.9	1.62	23.5	57.1
	innerorts	0.9	2.6	2.86	18.5	79.3
Reisebus	außerorts	1.7	1.7	1.00	21.7	23.9
	innerorts	0.4	0.4	1.00	5.9	6.5
Eisenbahn (elektrisch)	MWh elektrisch				48.1	129.9
Eisenbahn (Diesel)	kt				13.4	30.2
Motorrad	außerorts	10.9	7.6	0.70	12.0	11.4
	innerorts	4.9	3.4	0.70	5.3	5.1
Pkw	außerorts	317.8	32.0	0.10	473.4	80.1
	innerorts	186.4	19.7	0.11	231.2	43.3
Flugzeug	kt	4495.0	449.5	0.10	100.3	16.0
Σ Personenverkehr					1019.5	624.1
Güterverkehr		1990	2030	Index	1990	2030
Eisenbahn (elektrisch)	MWh elektrisch				76.1	205.5
Eisenbahn (Diesel)	kt				28.3	63.7
Binnenschiff	kt	655.0	818.8	1.25	56.0	109.3
Hochseeschiff	kt	2110.0	738.5	0.35	845.0	462.1
Leichte, schwere Nfz.	außerorts	51.1	10.6	0.21	151.7	37.6
	innerorts	17.0	4.1	0.24	50.5	14.7
Σ Güterverkehr					1207.6	892.9
						0.74

Kombinationsszenario (EST3): Emissionsfaktoren										
Schadstoffe		NOx		VOC		PM		CO2		
		1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030	
Verkehrsmittel										
Motorräder	außerorts	0.15	0.02	3.79	0.18	nc	nc	88.8	35.0	
(g/km)	innerorts	0.04	0.01	4.81	0.23	nc	nc	76.4	30.0	
Pkw (Otto)	außerorts	1.89	0.03	1.49	0.00	nc	nc	185.7	58.3	
(g/km)	innerorts	1.41	0.03	5.50	0.01	nc	nc	260.0	58.3	
Pkw (Diesel)	außerorts	0.58		0.06		0.11		176.6		
(g/km)	innerorts	0.69		0.18		0.13		222.3		
leichtes Nfz.	außerorts	2.91	0.03	2.55	0.00	nc	nc	278.0	77.0	
Otto (g/km)	innerorts	1.91	0.03	8.90	0.01	nc	nc	344.5	84.0	
leichtes Nfz.	außerorts	1.31		0.19		0.38		324.5		
Diesel (g/km)	innerorts	1.33		0.78		0.50		355.6		
schweres Nfz.	außerorts	9.26	1.18	1.11	0.35	0.55	0.03	822.6	479.0	
Diesel (g/km)	innerorts	10.98	1.28	2.68	0.86	0.87	0.01	888.9	506.0	
Reisebus	außerorts	9.68	1.16	1.27	0.40	0.45	0.03	812.6	445.0	
Diesel (g/km)	innerorts	16.02	1.91	3.69	1.16	1.00	0.01	1290.9	699.0	
Linienbus	außerorts	9.90	0.30	1.78	0.02	1.05	0.02	727.4	308.8	
Diesel/Trolley	innerorts	16.92	0.30	2.59	0.02	1.10	0.02	1148.0	308.8	
Linienbus	außerorts	*	0.71	*	0.19	*	0.01	*	509.4	
Gas (g/km)	innerorts	*	1.07	*	0.35	*	0.01	*	759.6	
Stadtbahn	g/kWh	0.64	0.32	0.04	0.02	0.05	0.03	664.0	332.0	
Eisenbahn (el.)	g/kWh	0.37	0.19	0.00	0.00	0.04	0.02	520.0	260.0	
Eisenbahn (Diesel)	g/kg	51.50	10.00	4.80	3.80	1.10	0.06	3168.0	3168.0	
Binnenschiff	g/kg	59.40	10.00	5.60	4.50	2.30	0.12	3168.0	3168.0	
Hochseeschiff	g/kg	59.40	10.00	5.60	4.50	2.30	0.12	3168.0	3168.0	
Flugzeug	g/kg	12.00	5.00			nc	nc	3120.0	3120.0	

* = vernachlässigbarer Einfluss, nc = nicht betrachtet

Kombinationsszenario (EST3): Emissionen

Mrd km, t (Ausnahmen angegeben)	Fzkm/Energieverbr.		NOx		VOC		PM		CO2	
	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030
Verkehrsmittel										
Motorräder	10.9	10.9	1,631	217	41,207	1,957			965,269	380,541
	4.9	4.9	194	39	23,384	1,118			371,613	145,845
Pkw (Otto)	269.2	127.1	508,697	3,813	401,036	0			49,989,533	7,409,937
	158.2	46.6	223,102	1,398	870,257	466			41,145,743	2,716,998
Pkw (Diesel)	48.6		28,187	0	2,916	0	5,346	0	8,582,521	0
	28.2		19,449	0	5,074	0	3,664	0	6,266,403	0
leichtes Nfz.	11.9	5.4	34,569	163	30,292	0			3,302,436	418,754
Otto	5.7	4.8	10,867	145	50,639	48			1,959,890	404,944
leichtes Nfz.	9.9		12,935	0	1,876	0	3,752	0	3,204,466	0
Diesel	4.0		5,256	0	3,082	0	1,976	0	1,405,412	0
schweres Nfz	29.3	7.3	271,345	8,644	32,526	2,564	16,117	220	24,103,382	3,509,021
Diesel	7.4	1.8	80,746	2,353	19,709	1,581	6,398	18	6,536,553	930,274
Reisebus	1.7	2.9	16,040	3,364	2,104	1,160	746	87	1,346,521	1,290,382
Diesel	0.4	0.6	7,166	1,068	1,651	649	447	6	577,444	390,839
Linienbus	1.2	0.1	11,437	17	2,056	1	1,213	1	840,286	17,837
Diesel	0.9	3.2	15,405	956	2,358	64	1,002	64	1,045,207	984,024
Linienbus		2.9		2,051		549		29		1,471,177
Gas		0.4		390		127		4		276,634
Stadtbahn	1,700.0	3,825.0	1,081	1,224	60	77	88	115	1,128,800	1,269,900
Eisenbahn (el.)	8,922.0	20,074.5	3,301	3,814	0	0	357	401	4,639,440	5,219,370
Eisenbahn (Diesel)	810.0	729.0	41,715	7,290	3,888	2,770	891	44	2,566,080	2,309,472
Binnenschiff	655.0	589.5	38,907	5,895	3,668	2,653	1,507	71	2,075,040	1,867,536
Hochseeschiff	2,110.0	949.5	125,334	9,495	11,816	4,273	4,853	114	6,684,480	3,008,016
Flugzeug	4,495.0	839.2	53,940	4,196					14,024,400	2,618,261
~ Schätzung; † Daten von 1991			1,511,304	56,532	1,509,598	20,056	48,356	1,173	182,760,919	36,639,760
Emissionen 2030 / 1990			3.7		1.3		2.4			20.0

Kombinationsszenario (EST3): Fahrleistung, Energieverbrauch und Verkehrsleistung						
Transportart	Parameter	Fzkm / Energieverbrauch		Verkehrsleistung (Mrd. p-km, t-km)		
		1990	2030	Index	1990	2030
					Index	Index
Personenverkehr	zu Fuß	nc	nc	nc	29.6	44.4
	Fahrrad	nc	nc	nc	23.6	35.4
Stadtbahn	MWh elektrisch	1700.0	3825.0	2.25	13.0	48.6
	außerorts	1.2	3.0	2.55	23.5	75.0
Linienbus	innerorts	0.9	3.6	3.90	18.5	90.3
	außerorts	1.7	2.9	1.75	21.7	41.8
Reisebus	innerorts	0.4	0.6	1.25	5.9	8.1
	MWh elektrisch				48.1	239.9
Eisenbahn (elektrisch)	kt				13.4	41.9
Eisenbahn (Diesel)	außerorts	10.9	10.9	1.00	12.0	13.6
	innerorts	4.9	4.9	1.00	5.3	6.1
Pkw	außerorts	317.8	127.1	0.40	473.4	241.5
	innerorts	186.4	46.6	0.25	231.2	79.2
Flugzeug	kt	4495.0	835.0	0.19	100.3	41.1
Σ Personenverkehr					1019.5	1006.9
Güterverkehr		1990	2030	Index	1990	2030
Eisenbahn (elektrisch)	MWh elektrisch				76.1	379.5
	kt				28.3	88.5
Binnenschiff	kt	655.0	589.5	0.90	56.0	105.0
Hochseeschiff	kt	2110.0	949.5	0.45	845.0	792.3
	außerorts	51.1	12.8	0.25	151.7	41.7
	innerorts	17.0	6.7	0.39	50.5	21.8
Σ Güterverkehr					1207.6	1428.9
						1.18

Kombinationsszenario mit 30% und 50% Emissionsminderung (EST33, EST35): Emissionsfaktoren										
Verkehrsmittel		1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030	2030
Motorräder	außerorts	0.15	0.02	3.79	0.18	nc	nc	88.8	nc	44.0
	innerorts	0.04	0.01	4.81	0.23	nc	nc	76.4	nc	38.0
Pkw (Otto)	außerorts	1.89	0.03	1.49	0.00	nc	nc	185.7	nc	76.0
	innerorts	1.41	0.03	5.50	0.01	nc	nc	260.0	nc	104.0
Pkw (Diesel)	außerorts	0.58		0.06		0.11		176.6		
	innerorts	0.69		0.18		0.13		222.3		
leichtes Nfz.	außerorts	2.91	0.03	2.55	0.00	nc	nc	278.0	nc	108.0
	innerorts	1.91	0.03	8.90	0.01	nc	nc	344.5	nc	138.0
leichtes Nfz.	außerorts	1.31		0.19		0.38		324.5		
	innerorts	1.33		0.78		0.50		355.6		
schweres Nfz.	außerorts	9.26	1.18	1.11	0.35	0.55	0.03	822.6	0.03	599.0
	innerorts	10.98	1.28	2.68	0.86	0.87	0.01	888.9	0.01	632.0
Reisebus	außerorts	9.68	1.16	1.27	0.40	0.45	0.03	812.6	0.03	557.0
	innerorts	16.02	1.91	3.69	1.16	1.00	0.01	1290.9	0.01	874.0
Linienbus	außerorts	9.90	0.44	1.78	0.02	1.05	0.04	727.4	0.04	465.0
	innerorts	16.92	0.44	2.59	0.02	1.10	0.04	1148.0	0.04	465.0
Linienbus	außerorts	*	0.71	*	0.19	*	0.01	*	0.01	566.0
	innerorts	*	1.07	*	0.35	*	0.01	*	0.01	844.0
Stadtbahn	g/kWh	0.64	0.48	0.04	0.03	0.05	0.04	664.0	0.04	500.0
	g/kWh	0.37	0.28	0.00	0.00	0.04	0.03	520.0	0.03	390.0
Eisenbahn (Diesel)	g/kg	51.50	10.00	4.80	3.80	1.10	0.06	3168.0	0.06	3168.0
	g/kg	59.40	10.00	5.60	4.50	2.30	0.12	3168.0	0.12	3168.0
Hochseeschiff	g/kg	59.40	10.00	5.60	4.50	2.30	0.12	3168.0	0.12	3168.0
	g/kg	12.00	5.00			nc	nc	3120.0	nc	3120.0

* = vernachlässigbarer Einfluß, nc = nicht betrachtet

EST3 Szenario mit 30% CO2 Emissionsreduzierung: Emissionen											
Mrd km, t (Ausnahmen angegeben)	Fzkm/Energieverbr.		Nox		VOC		PM		CO2		
	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030	
Verkehrsmittel											
Motorräder											
	außerorts	10.9	13.6	1.631	272	41.207	2.446			965.269	597.993
	innerorts	4.9	4.9	194	39	23.384	1.118			371.613	184.737
Pkw (Otto)											
	außerorts	269.2	476.6	508.697	14.299	401.036	0			49.989,533	36.223,532
	innerorts	158.2	167.8	223.102	5.033	870.257	1.678			41.145,743	17.448,437
Pkw (Diesel)											
	außerorts	48.6		28.187	0	2.916	0	5,346	0	8,582,521	0
	innerorts	28.2		19.449	0	5.074	0	3,664	0	6,266,403	0
leichtes Nfz.											
	außerorts	11.9	21.8	34.569	653	30.292	0			3,302,436	2,349,372
Otto											
	innerorts	5.7	11.6	10.867	347	50.639	116			1,959,890	1,596,637
leichtes Nfz.											
	außerorts	9.9		12.935	0	1.876	0	3,752	0	3,204,466	0
Diesel											
	innerorts	4.0		5.256	0	3.082	0	1,976	0	1,405,412	0
schweres Nfz											
	außerorts	29.3	38.1	271.345	44,951	32,526	13,333	16,117	1,143	24,103,382	22,818,158
Diesel											
	innerorts	7.4	5.9	80.746	7,530	19,709	5,060	6,398	59	6,536,553	3,718,154
Reisebus											
	außerorts	1.7	2.5	16.040	2,883	2,104	994	746	75	1,346,521	1,384,416
Diesel											
	innerorts	0.4	0.6	7.166	1,068	1,651	649	447	6	577,444	488,688
Linienbus											
	außerorts	1.2	0.2	11.437	103	2,056	6	1,213	8	840,286	107,436
Diesel/Trolley											
	innerorts	0.9	2.3	15.405	1,011	2,358	55	1,002	82	1,045,207	1,058,409
Linienbus											
	außerorts		2.9		2,051		549		29		1,634,641
Gas											
	innerorts		1.8		1,948		637		18		1,536,853
Stadtbahn											
	MWh elektr. ~	1.700.0	4.462.5	1.081	2,142	60	134	88	179	1,128,800	2,231,250
Eisenbahn (el.)											
	MWh elektr. †	8.922.0	23.420.3	3.301	6,558	0	0	357	703	4,639,440	9,133,898
Eisenbahn (Diesel)											
	Diesel (kt) †	810.0	911.3	41.715	9,113	3,888	3,463	891	55	2,566,080	2,886,840
Binnenschiff											
	Diesel (kt) †	655.0	786.0	38.907	7,860	3,668	3,537	1,507	94	2,075,040	2,490,048
Hochseeschiff											
	Diesel (kt) †	2.110.0	3.165.0	125.334	31,650	11,816	14,243	4,853	380	6,684,480	10,026,720
Flugzeug											
	Kerosin (kt) †	4.495.0	3.213.9	53.940	16,070					14,024,400	10,027,446
~ Schätzung; † Daten von 1991											
Emissionen 2030/1990											
				1,511.304	155,578	1,509,598	48,015	48,356	2,829	182,760,919	127,943,663
				10.3	3.2				5.9		70.0

EST3 Szenario mit 50% CO2 Emissionsreduzierung: Emissionen												
Mrd km, t (Ausnahmen angegeben)		Fzkm/Energieverbr.		NOx		VOC		PM		CO2		
		1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030	1990	2030	
Verkehrsmittel												
Motorräder	außerorts	10.9	13.6	1,631	272	41,207	2,446			965,269	597,993	
	innerorts	4.9	4.9	194	39	23,384	1,118			371,613	184,737	
Pkw (Otto)	außerorts	269.2	286.0	508,697	8,579	401,036	0			49,989,533	21,734,119	
	innerorts	158.2	93.2	223,102	2,796	870,257	932			41,145,743	9,693,576	
Pkw (Diesel)	außerorts	48.6		28,187	0	2,916	0	5,346	0	8,582,521	0	
	innerorts	28.2		19,449	0	5,074	0	3,664	0	6,266,403	0	
leichtes Nfz.	außerorts	11.9	10.9	34,569	326	30,292	0			3,302,436	1,174,686	
	innerorts	5.7	10.6	10,867	318	50,639	106			1,959,890	1,463,584	
leichtes Nfz. Diesel	außerorts	9.9		12,935	0	1,876	0	3,752	0	3,204,466	0	
	innerorts	4.0		5,256	0	3,082	0	1,976	0	1,405,412	0	
schweres Nfz	außerorts	29.3	23.4	271,345	27,662	32,526	8,205	16,117	703	24,103,382	14,041,943	
	innerorts	7.4	3.7	80,746	4,707	19,709	3,162	6,398	37	6,536,553	2,323,846	
Reisebus	außerorts	1.7	2.5	16,040	2,883	2,104	994	746	75	1,346,521	1,384,416	
	innerorts	0.4	0.6	7,166	1,068	1,651	649	447	6	577,444	488,688	
Linienbus	außerorts	1.2	0.2	11,437	103	2,056	6	1,213	8	840,286	107,436	
	innerorts	0.9	2.7	15,405	1,213	2,358	66	1,002	98	1,045,207	1,270,090	
Linienbus	außerorts		3.5		2,461		658		35		1,961,569	
	innerorts		1.8		1,948		637		18		1,536,855	
Stadtbahn	MWh elektr. ~	1,700.0	5,100.0	1,081	2,448	60	153	88	204	1,128,800	2,550,000	
Eisenbahn (el.)	MWh elektr. †	8,922.0	26,766.0	3,301	7,494	0	0	357	803	4,639,440	10,438,740	
Eisenbahn (Diesel)	Diesel (kt) †	810.0	911.3	41,715	9,113	3,888	3,463	891	55	2,566,080	2,886,840	
Binnenschiff	Diesel (kt) †	655.0	736.9	38,907	7,369	3,668	3,316	1,507	88	2,075,040	2,334,420	
Hochseeschiff	Diesel (kt) †	2,110.0	2,373.8	125,334	23,738	11,816	10,682	4,853	285	6,684,480	7,520,040	
Flugzeug	Kerosin (kt) †	4,495.0	2,472.3	53,940	12,361					14,024,400	7,713,420	
~ Schätzung; † Daten von 1991				1,511,304	116,897	1,509,598	36,593	48,356	2,415	182,760,919	91,406,999	
Emissionen 2030 / 1990					7.7		2.4		5.0		50.0	