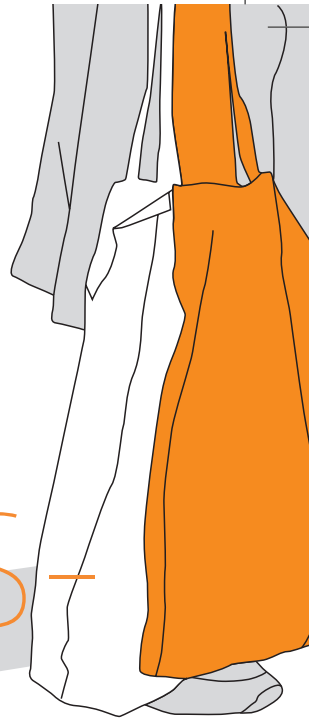
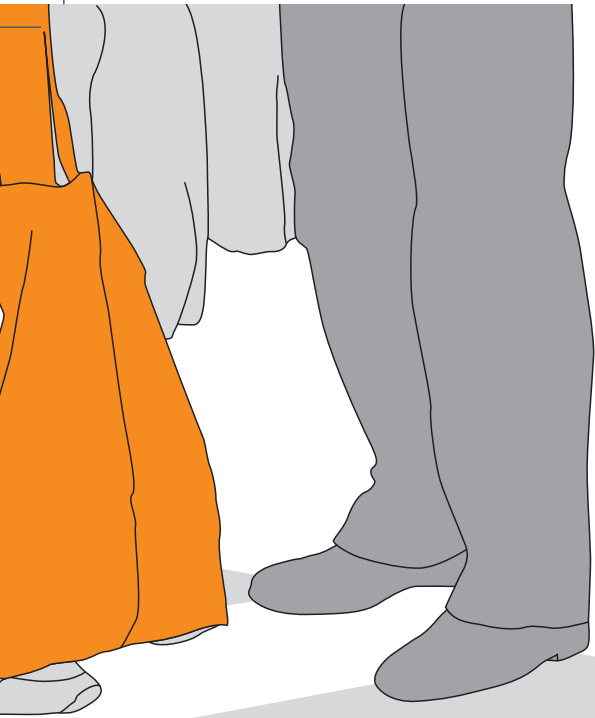


# INNOVATIVE TRANSPORT- UND VERKEHRS- TECHNOLOGIEN FÜR NACHHALTIGE MOBILITÄT

Gerhard Zeidler





## EINFÜHRUNG

Mobilität ist für die Menschen Freiheit und Lebensqualität, für die Wirtschaft ist sie Existenzgrundlage und Voraussetzung für Wachstum. Eine leistungsfähige Verkehrswirtschaft und eine bedarfsgerechte Verkehrsinfrastruktur sind erstrangige Standortfaktoren. Wer Investitionen in die Infrastruktur und moderne Transporttechnologien vernachlässigt, fällt im globalen Wettbewerb zurück.

Deutschland muss der Verkehrsinfrastrukturpolitik deshalb mehr Aufmerksamkeit widmen. Nicht zuletzt, weil die knappen Staatsfinanzen und der zunehmende Erhaltungsbedarf den Spielraum für Investitionen einengen. Gefragt sind organisatorische Innovationen und moderne Technologien. Auf ihrer Grundlage lässt sich ein möglicher Verkehrskollaps verhindern und der Transport flüssiger, wirtschaftlicher und sicherer gestalten. In der Konsequenz werden sich auch die Umweltbelastungen verringern.

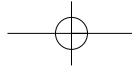
Die Prognosen zur Verkehrsleistung in Deutschland und wichtigen Nachbarstaaten sind eindeutig: Für den Zeitraum von 2000 bis zum Jahr 2015 wird der Personenverkehr um rund 20 % und der Güterverkehr um rund 50 % wachsen.<sup>1, 2</sup>

Die Anteile des Verkehrsträgers Straße mit derzeit fast 90 % am Personenverkehr und 65 % beim Güterverkehr machen deutlich, vor welchen Herausforderungen alle Beteiligten in den nächsten Jahren stehen. Verschärft wird das Problem durch die jüngst erfolgte Aufnahme von zehn osteuropäischen Staaten in die Europäische Union. Verkehrsexperten schätzen, dass der Personen- und Gütertransport zwischen Zentral- und Osteuropa um knapp 90 % steigen wird. Neue Konzepte für den Straßenverkehr sind deshalb entscheidend für eine in die Zukunft gerichtete Verkehrspolitik.

Die Ziele sind klar: Den Kollaps auf den Straßen vermeiden, Wirtschaftswachstum fördern und Nachhaltigkeit in Fragen der Umwelt und Sicherheit verwirklichen. Dazu bedarf es allerdings eines Bündels an Maßnahmen, die möglichst gleichzeitig in Angriff genommen werden müssen. Nicht zuletzt aus dieser Sicht heraus wird nachfolgend vor allem auf Fragen der Verkehrsorganisation und auf innovative Technologien für den Erhalt der Mobilität eingegangen.

## DIE VERKEHRSORGANISATION DER ZUKUNFT INFORMATIONEN- UND KOMMUNIKATIONSTECHNIK

Gut ausgebaute Verkehrswege sind ein knappes Gut: Sie können mit Rücksicht auf andere gesellschaftliche Ziele – z.B. den Landschafts- und Umweltschutz – nicht beliebig erweitert und vermehrt werden. Das gilt sowohl für den Ballungsraumverkehr wie auch für den Regional- und Fernverkehr.



## KAPITEL 05 TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNGSPFADE UND DEREN BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG

Deshalb wird das Ausschöpfen der Kapazitäten des vorhandenen Verkehrsraums in Zukunft immer wichtiger. Den Schlüssel dazu liefern die Informations- und Kommunikationstechnologien. Ihre innovativen Beiträge wandeln insbesondere den Verkehrsträger Straße um vom vergleichsweise einfachen »Bauprojekt« in ein »intelligentes Verkehrssystem«.

Durch vernetzte Einzeltechnologien und einen verbesserten Kommunikationsfluss lassen sich Leistungsreserven aktivieren. Zusätzlicher Verkehr kann so bewältigt, unnötiger – etwa Lkw-Leerfahrten – vermieden werden. Die intelligente Organisation des Verkehrs wird die Effizienz des gesamten Transport- und Logistikbereichs noch deutlich steigern. Indem die neuen digitalen Technologien zudem für mehr Ausgewogenheit zwischen den einzelnen Verkehrsträgern sorgen, fördern sie Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umweltfreundlichkeit. Welche Zukunftstechnologien kommen hierfür in Frage?

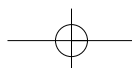
### MOBILFUNKTECHNOLOGIE

Das Zeitalter des Mobilfunks begann in Europa in den Jahren ab 1980. Mit dem Global System for Mobile Communications (GSM) definierte die Europäische Konferenz für Post und Telegraphie 1990 den ersten Standard. Diese mittlerweile in über 200 GSM-Netzwerken in über 110 Staaten verbreitete Mobilfunknorm ist die Basis für den Datenaustausch der Verkehrsträger und Verkehrsteilnehmer.

Da in den meisten Fahrzeugen Elektroniksysteme bereits vorhanden sind, können wichtige Daten für eine bessere Verkehrsorganisation erfasst und über eine fest eingebaute GSM-Karte an einen entsprechenden Serviceanbieter übermittelt werden. Neuere GSM-Chips berechnen zudem die Laufzeit zwischen mehreren Transmitterstellen. Dadurch lässt sich die Position eines Fahrzeugs bestimmen, die für Dienste wie etwa ortsbezogene Informationen (Local Based Services) erforderlich ist. Die GSM-Nachfolger GPRS (General Packet Radio Service) und UMTS (Universal Mobil Telecommunications System) ermöglichen in Zukunft außerdem Datenübertragungsraten, die sowohl für Internet- und Multimedia-Anwendungen als auch für das Übertragen von komplexen Daten geeignet sind. Eine solche Datenkommunikation zwischen dem mobilen System und entsprechenden Serviceanbietern schafft die Basis für gezielte Informationen und damit für einen reibungslosen Verkehrsfluss.

### SATELLITENGESTÜTZTE NAVIGATION

Innovative Konzepte für intelligentes Verkehrsmanagement setzen unter anderem auf die Telematik. Die erforderliche Basistechnologie ist die satelliten-





gestützte Kommunikation, die mit dem europäischen Programm Galileo auf eine neue Stufe gestellt wird. Mit neuartigen Navigationssatelliten können Fahrzeuge ihre Position noch präziser bestimmen als mit dem bereits verfügbaren US-amerikanischen Global Positioning System (GPS). Außerdem wird bei Galileo eine 100-prozentige Verfügbarkeit angestrebt, die bei GPS aus strategischen Gründen von den USA derzeit nicht garantiert wird. Diese vollständige Verfügbarkeit ist aber wesentlich für viele Navigationsfunktionen im Verkehr. Insgesamt sollen 30 Satelliten in 24 000 Kilometer Höhe platziert werden. Galileo wird komplementär zum derzeitigen US-amerikanischen GPS sein.

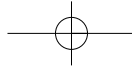
Innovativ ist bei Galileo auch das Finanzkonzept. Das Galileo-Programm ist in drei Zeitphasen gegliedert und umfasst ein Kostenvolumen von 3,4 Milliarden Euro. Nur in der Anfangsphase – bis 2005 wird das System entwickelt und validiert – tragen die Europäische Union und die Europäische Weltraumorganisation die Kosten. Die Aufbauphase von 2006 bis 2007, in der die Satelliten in Position gebracht sowie die Bodenstationen errichtet werden, sollen bereits die künftigen Konzessionsträger finanzieren.<sup>3</sup>

Folgende Haupteinsatzgebiete sind geplant:<sup>4</sup>

1. *Navigation:* Im Jahr 2010 sollen sich weltweit rund 670 Millionen Personenwagen, 33 Millionen Lastkraftwagen und Busse sowie 200 Millionen leichte Transporter exakt orten lassen. Auch Fahrer-Assistenz-Systeme werden unterstützt.
2. *Verkehrsmanagement:* Durch Monitoring und Management des Straßenverkehrs sollen die Reisezeiten um bis zu 20 % sinken, indem bei Staugefahr alternative Routen aufgezeigt werden.
3. *Flottenmanagement:* Taxizentralen, Busunternehmen und alle Betreiber von gewerblich genutzten Fahrzeugen können sich über den augenblicklichen Standort ihrer Fahrzeuge informieren.
4. *Rettungsdienste:* In Europa sind derzeit etwa 60 000 Rettungsfahrzeuge im Einsatz. In Kooperation mit dem EU-Projekt eCall können Rettungseinsätze schneller und genauer zum jeweiligen Einsatzort geführt werden.
5. *Maut:* Straßennutzungsabhängige Entgelte lassen sich exakt erheben und streckenabhängig abrechnen.

#### DIGITALER RUNDfunk

Digitales Audio Broadcasting (DAB) wird künftig die satellitengestützte Navigation ergänzen. Die wichtige Technologie befindet sich derzeit zwar noch in der Markteintrittsphase. Sie wird aber die akustische Leistungsfähigkeit der Rundfunkübertragung wesentlich erhöhen. Zudem lassen sich mit



## KAPITEL 05 TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNGSPFADE UND DEREN BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG

ihr zusätzliche Informationen an die Endgeräte leichter übermitteln. Mit einfach kombinierten Anzeigesystemen können detaillierte Verkehrsinformationen gesendet und angezeigt werden. DAB eignet sich auch für das Übertragen von Text, Farbbildern und weiteren Informationen, z.B. über den Straßenzustand.

### DIGITALE STRASSENKARTEN

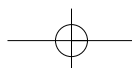
Bereits 1986 wurde erkannt, dass ein Standard bei den digitalen Straßenkarten erforderlich ist. Im Rahmen des Projekts »European Digital Road Map« entwickelte die Europäische Union einen solchen Standard, und zwar primär für Navigation, Flottenmanagement und Verkehrsmanagement. Die Fahrzeugposition mit kosten- oder sicherheitsrelevanten Funktionen verknüpfen zu können, erfordert hohe Verfügbarkeit und Präzision beim Berechnen des Standorts sowie beim Bezug zum Straßennetz. Aktuelle digitale Straßenkarten sind deshalb wesentlich für alle Navigations- und Ortungssysteme.

### DYNAMISCHE VERKEHRSBEEINFLUSSUNG

Wer dynamisches Verkehrsmanagement betreiben will, muss die jeweils aktuelle Verkehrslage ortsgenau kennen. Beim FCD-System (Floating Car Data) dient eine gewisse Anzahl von Fahrzeugen, die im normalen Verkehr »mitschwimmen«, als mobiles Sensorennetz. Sie erheben spezifische Daten, z. B. zur Geschwindigkeit, Position und Fahrtrichtung. Daraus lassen sich in den jeweiligen Leitzentralen – zusammen mit Daten von stationären Sensoren – lokale Verkehrssituationen ableiten und an alle Verkehrsteilnehmer übertragen. Einzelne Fahrzeughersteller verbinden ihre Navigationssysteme bereits mit dieser FCD-Funktion und können so ihren Kunden optimale Verkehrsinformationen anbieten. Durch die Zusammenarbeit zwischen mehreren Herstellern wird die Datenqualität weiter verbessert.

Mit aktuellen Verkehrslagedaten lassen sich überdies Verkehrsströme beeinflussen, so z. B. durch variable Verkehrszeichen. Es existieren bereits zahlreiche Beispiele in Ballungsgebieten und an Stau- und Unfallschwerpunkten. Ein flächendeckendes Netz steht aber noch aus. Die Hauptursache liegt in den zersplitterten Zuständigkeiten für die jeweiligen Straßen. Noch fehlen hierfür in vielen Städten Verkehrsmanagementzentralen, die übergreifend für Kommunal-, Kreis-, Landes- und Bundesverkehrswege zuständig sind und gleichzeitig die jeweils zuständigen Behörden sowie die Betreiber des öffentlichen Personenverkehrs vernetzen.

Ein entscheidender Punkt beim Thema Verkehrsmanagement ist die Akzeptanz der Fahrer. Da es sich in aller Regel um Routenvorschläge handelt, die von der Verkehrsmanagementzentrale angeboten werden, müssen diese in





sich werthaltig sein. Anders ausgedrückt: Die Qualität des Verkehrsmanagements entscheidet über die Akzeptanz der Systeme.

#### VERNETZTE VERKEHRSTRÄGER

Die Innovationen der Informations- und Kommunikationstechnologien wirken bei allen Verkehrsträgern kapazitäts- und effizienzerhöhend. Dies gilt sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr. Sie ermöglichen zudem durch die informationstechnische Integration den Aufbau leistungsfähiger Transportketten, bei denen die spezifischen Vorteile der einzelnen Verkehrsträger optimal genutzt werden. Damit kann der erwartete Zuwachs im Straßenverkehr zwar nicht ausgeglichen, aber zumindest teilweise kompensiert werden.

Aber abgesehen von technischen Innovationen verlangen insbesondere die bereits hohe Güterverkehrsdichte in Europa und das weitere Wachstum des Transportvolumens nach einer konzertierten Aktion von Politik, Wirtschaft und Verbänden. Ansonsten werden in naher Zukunft Mobilität und Lebensqualität ebenso leiden wie Wohlstand und Wettbewerbsfähigkeit.

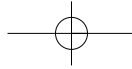
Es stellt sich die Frage nach einer langfristigen Strategie für den Güterverkehr in Europa. Der Ausbau des Straßennetzes ist zwar nötig, aber – wie eingangs erwähnt – nur begrenzt möglich und keineswegs ausreichend. Die Lösung der Probleme liegt vielmehr in einer besseren Kombination der Stärken der verschiedenen Verkehrsträger zu einem effizienten Gesamtsystem. Im Rahmen dieser so genannten »Intermodalität« müssen auch die vorhandenen Kapazitäten der Bahn besser genutzt werden.

Eine Übersicht zum Verkehrsaufkommen in Deutschland sowie der EU – aufgeschlüsselt nach den verschiedenen Verkehrsträger – ist in den Tabellen 1–3 S. 187 f aufgeführt.

#### SCHIENENVERKEHR

Die Vorteile des Schienenverkehrs liegen in der Sicherheit, in der Energieeffizienz und in kostengünstigen Massentransporten. In Ballungsräumen ist der schienengebundene Personennahverkehr ein unverzichtbarer Bestandteil eines leistungsfähigen Verkehrsverbundes. Im Fernverkehr sind Hochgeschwindigkeitssysteme wie der deutsche ICE oder der französische TGV wirtschaftlich und ökologisch interessante Alternativen zum Flugverkehr. Vorteile gibt es auch im Güterverkehr. Ab einer Distanz von rund 300 Kilometern können zeitunkritische Güter in großen Mengen wirtschaftlich transportiert werden. So kann ein Zug rund 60 Lkw-Ladungen gleichzeitig befördern.

Dennoch hat sich in den letzten Jahrzehnten europaweit der Anteil des Schie-



## KAPITEL 05 TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNGSPFADE UND DEREN BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG

nenverkehrs am gesamten Personen- und Güterverkehrsaufkommen gegenüber anderen Verkehrsträgern kontinuierlich verringert.<sup>5</sup> Das lag einerseits an der mangelnden Wirtschaftlichkeit vieler Strecken und Angebote, andererseits aber auch an unzureichender Flexibilität und Kundennähe.

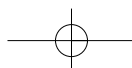
Derartige Defizite des Schienenverkehrs sind hinlänglich bekannt. Die Lösungsansätze wurden im Rahmenprogramm Europäisches Eisenbahnverkehrsleitsystem zusammengefasst. Priorität haben dabei digitale Datenübertragungstechniken für das Zug- und Verkehrsmanagement, für die Sicherheit von Zügen und Signalen. Ziel ist ein Quantensprung in der Eisenbahntechnologie.

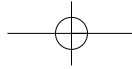
Damit die Schiene im Schulterschluss mit der Straße eine aktivere Rolle im europäischen Güterverkehr übernehmen kann, muss sie ihre Transportleistungen wettbewerbsfähig anbieten können. Die Deregulierung und Privatisierung der ehemals staatlichen Bahnbetriebe waren und sind wichtige Weichenstellungen in diese Richtung. Dennoch bleibt für alle Beteiligten viel Arbeit. So müssen beispielsweise die Bahnbetreiber ihr nationales Denken überwinden und verstärkt Wettbewerbsfähigkeit im europäischen Maßstab entwickeln. Dazu gehören auch einheitliche Standards in der Umschlagtechnik. Derartige Maßnahmen erhöhen die Wettbewerbsfähigkeit des kombinierten Verkehrs »Straße-Schiene-Straße«. Denn insbesondere im Güterverkehr ist eine bessere Verknüpfung von Schiene und Straße wesentlicher Grundpfeiler einer langfristigen Mobilitätsstrategie für Europa.

### SCHIFFFAHRT

Für den Personenverkehr sind die Wasserstraßen in Deutschland unbedeutend. Am Güterverkehr in Deutschland hat die Binnenschifffahrt jedoch einen ähnlich großen Anteil wie der Schienengüterverkehr. Allerdings sind die Prognosen für das Jahr 2015 pessimistisch; der Anteil der Binnenschifffahrt am Güterverkehr wird voraussichtlich sinken.

Eine stärkere Integration in den Güterverkehr der Zukunft bietet sich vor allem bei Binnenhäfen an. Sie sind in einem integrierten Verkehrssystem eine ideale Schnittstelle für eine trimodale Kombination der Verkehrsträger Binnenschifffahrt, Schienenverkehr und Straßenverkehr. Ein positives Beispiel existiert bereits in Bayern. Die sechs Hafenanlagen von Aschaffenburg, Bamberg, Nürnberg, Roth, Regensburg und Passau wurden organisatorisch zusammengefasst und sollen kontinuierlich zu einem europäischen Logistikzentrum ausgebaut werden. In Kombination mit dem Umschlag auf den Straßenverkehr ergeben sich interessante Möglichkeiten, primär bei Massengütern wie Baustoffe und Mineralöl. Mittelfristig sollen auch andere Produktgruppen vorrangig auf Wasserstraßen befördert werden können. Dazu





müssen die Umschlagplätze und Schiffe modernisiert und die entsprechenden Kommunikationsstrukturen weiter optimiert werden.

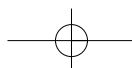
Wenn der Ansatz des trimodalen Verkehrs weitergedacht und auch auf andere Güter ausgedehnt wird, kann in Deutschland der Anteil des Güterverkehrs im Bereich der Wasserstraßen zumindest gehalten oder sogar ausgebaut werden. Vergleichbare Ansätze gelten auch für die Seeschifffahrt. So lässt sich die starke Position der deutschen Containerschifffahrt nur halten und weiterentwickeln, wenn beim notwendigen Ausbau der Seehäfen nicht nur die Anforderungen an künftige Schiffsgrößen und Kapazitäten berücksichtigt werden, sondern auch die Verknüpfungen mit anderen Verkehrsträgern.<sup>6</sup>

#### LUFTVERKEHR

Der Luftverkehr ist das traditionelle Beispiel zur Notwendigkeit des Übergangs von einem Verkehrsträger zum anderen: Im Personenverkehr gelten als Zubringer der Individualverkehr auf der Straße und alle Varianten des öffentlichen Personenverkehrs. Die hier erkennbaren Entwicklungen der vergangenen Jahre können als Richtschnur für die Kombination anderer Verkehrsträger gelten. Einerseits wurde durch bauliche Maßnahmen ein funktioneller Übergang zwischen den Verkehrsträgern geschaffen. Ein Beispiel dafür ist die neue Integration des Rhein-Main-Flughafens in das Schnellbahnnetz. Andererseits kann der Reisende dank moderner Technik per Internet aktuelle Informationen wie Flugzeiten, Fahrpläne oder das Parkplatzangebot für seine Reisepläne nutzen.

Mit der wachsenden Effizienz im Schienenschnellverkehr verlagert sich der Schwerpunkt im Luftverkehr auf Entfernungen über 400 Kilometer. Über kürzere Distanzen bestehen inzwischen verschiedene konkurrenzfähige Alternativen. Dennoch ist der Luftverkehr der Verkehrsträger mit den höchsten Wachstumsraten. Darüber hinaus darf vermutet werden, dass aktuelle Entwicklungen wie der Boom bei den Billigfluglinien noch gar nicht angemessen berücksichtigt sind. Hier ist ein Trend erkennbar, der zusätzliches Wachstum generiert.<sup>7</sup>

Deutliches Wachstum verzeichnet auch die Luftfracht. Das Luftfrachtaufkommen in Europa betrug 2003 etwa 4,4 Millionen Tonnen. Eine Prognose von Lufthansa Cargo rechnet mit einer jährlichen Steigerungsrate von knapp sechs Prozent für die nächsten Jahre.<sup>8</sup> Parallel dazu erwartet der Internationale Luftverkehrsverband IATA auch für die Frachtkapazität – ca. 69 000 Tonnen in 2000 – eine vergleichbare Zunahme von etwa fünf Prozent jährlich. Die Anzahl der Flüge wird sich dabei nur in geringerem Umfang erhöhen, denn mit der Außerbetriebnahme älterer Frachtmaschinen wird sich





## KAPITEL 05 TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNGSPFADE UND DEREN BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG

die durchschnittliche Kapazität der Flugzeuge mehr als verdoppeln. Dieser Trend zeigt sich bei den modernen Großflugzeugen. Der neue A380-Frachter hat z. B. mit 150 Tonnen Nutzlast fast die doppelte Kapazität einer Boeing-747F.<sup>9</sup>

Verglichen mit den Transportkapazitäten anderer Verkehrsträger sind dies allerdings nur geringe Mengen. Der Transport per Luftfracht bleibt ein Gebiet für »besondere Güter« oder für Fälle, in denen die Transportzeit oder -qualität maßgeblich sind.

Aus dem Blickwinkel der Nachhaltigkeit fällt beim Luftverkehr der höhere Energiebedarf und die andere Qualität der Abgabe von Schadstoffen in großen Höhen der Atmosphäre ins Gewicht. Die Unternehmen arbeiten daher intensiv an der Reduktion des Energieverbrauchs; einerseits durch modernere Technik im Flugzeug, andererseits bei der Infrastruktur am Boden. Hier geht es vor allem um eine zügigere Abfertigung. Denn letztendlich ist ein »Stau in der Luft«, etwa beim Landeanflug, genauso wirtschafts- und umweltschädigend wie auf der Straße. Dagegen ist der Einsatz von Technik für das Verkehrsmanagement im Luftverkehr viel weiter fortgeschritten als im Straßenverkehr. Neben dem hohen Sicherheitsbedürfnis spielt dabei eine Rolle, dass weniger Partner und »mobile Einheiten« beteiligt sind. Trotzdem sollte geprüft werden, welche Funktionen, die im Luftverkehr bereits realisiert wurden, auch auf andere Verkehrsträger übertragen werden können.

### DIE FAHRZEUGTECHNIK ALS SCHLÜSSELEMENT FÜR EFFIZIENTEN UND UMWELTSCHONENDEN VERKEHR

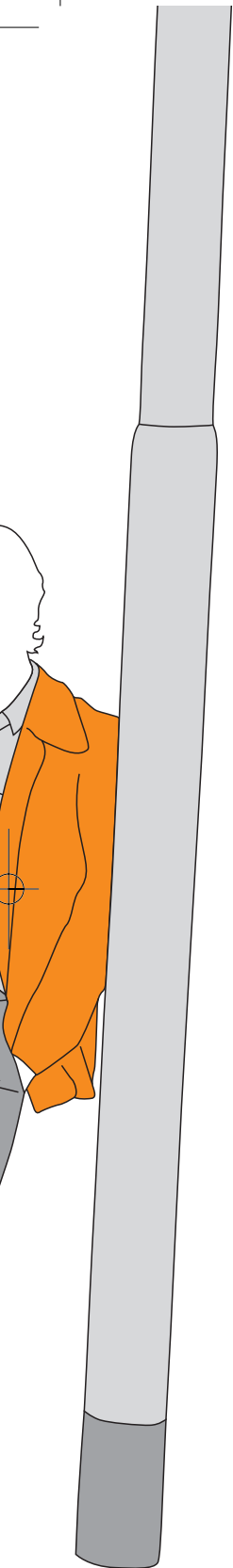
Das heutige Verkehrssystem hängt weitgehend von fossilen Brennstoffen, im Wesentlichen Rohöl, als Energieträger ab. Damit verbunden sind Aspekte der Rohstoffknappheit aufgrund stark steigender Nachfrage bei gleichzeitig eher stagnierendem Angebot. Hauptförderländer und Hauptverbraucher sind nicht deckungsgleich und einige der Ersteren weisen instabile politische Verhältnisse auf. Hinzu kommen Umweltfragen, da beim Verbrennen von fossilen Brennstoffen Treibhausgase und andere umwelt- und gesundheitsschädliche Abgase entstehen.

Mit Bezug auf das Fahrzeug lassen sich für den Straßenverkehr zwei Ansätze für ein nachhaltiges Verkehrssystem identifizieren: veränderte Fahrzeugkonzepte und neue Antriebstechnologien.

### FAHRZEUGKONZEPTE

Neuartige Fahrzeugkonzepte verfolgen das Ziel einer verbesserten Aerodynamik und eines verringerten Fahrzeuggewichtes. Eine bessere Aerodynamik haben die Autokonstrukteure schon in der Vergangenheit mit hoher Priorität





angestrebt, sodass massive Fortschritte in Form von Technologiesprüngen hier nicht erwartet werden können.

Die Reduktion des Fahrzeuggewichtes bietet weitaus größere Effizienzpotentiale, da bei durchschnittlichen Pkw-Besetzungsgraden von unter 1,5 Personen im Mittel noch mehr als 1 000 Kilogramm Fahrzeug pro Person bewegt werden. Als Ansätze auf diesem Weg kann man die Leichtbaubestrebungen eines deutschen Automobilherstellers nennen. Dabei geht es um den Einsatz von Aluminiumkarossen und anderen neuen Werkstoffen. Wesentlich weiter gehen Zukunftsvisionen – z. B. von Frederic Vester im Auftrag eines US-amerikanischen Automobilherstellers.<sup>10</sup> Darin werden leichte, kompakte Fahrzeuge mit einem Bruchteil des Gewichts heutiger Pkw als Trend der Zukunft postuliert. Mit diesen Kompaktfahrzeugen können zwei Personen mehr als 95 % ihrer Fahrten abwickeln. Das verringerte Gewicht und kleinere Motoren, die die meiste Zeit in ihrem optimalen Drehzahlbereich laufen, sollen für deutliche Reduktion des Energieverbrauches sorgen. In Kombination mit Car-Sharing-Ansätzen könnte ein wesentlich effizienteres Straßenverkehrssystem entstehen. Denn für Car-Sharing eignen sich sowohl Leichtfahrzeuge als auch Fahrzeuge, mit denen z. B. Urlaubs- oder sonstige Langstreckenfahrten abgewickelt werden. Abgesehen von Car-Sharing und Initiativen für leichte, fahrerlose Fahrzeuge (z. B. Cybermove-Projekt) ist beim technischen Fortschritt der Fahrzeugkonzepte auch ein gegenläufiger Trend zu beobachten.<sup>11</sup> Die Fahrzeuge werden durch den Einbau immer weiterer Aggregate immer schwerer und wuchtiger. Und Sports-Utility-Vehicles (SUV), die oft mehr als 2,5 Tonnen wiegen, erfreuen sich wachsender Beliebtheit. Dieser Trend wirkt sich unvorteilhaft auf die Akzeptanz von kompakten Leichtfahrzeugen aus, da diese im Falle einer Kollision mit den Pkw herkömmlicher Bauart deutlich höheren Risiken ausgesetzt sind. Dies belegen auch Crashversuche, die DEKRA durchgeführt hat.<sup>12</sup>

#### ANTRIEBSTECHNOLOGIEN

Nachhaltige Veränderungen der Antriebstechnologie sind viel wahrscheinlicher als veränderte Fahrzeugkonzepte, da die eingangs geschilderten Probleme des fossilen Brennstoffverbrauchs in den Autokonzernen und in der Politik thematisiert werden. Hier zeichnen sich konkrete Pfade ab mit kurz-, mittel- und langfristigen Perspektiven.

Speziell bezüglich der Nachhaltigkeit von neuen Antriebstechnologien und Sicherheitskonzepten werden parallel verschiedene Lösungen relativ kurz bis mittelfristig auf den Markt kommen und die klassischen Technologien zum Teil ersetzen. Primär geht es dabei um alternative Antriebs- und Kraftstoffe. Vergleicht man die verschiedenen konventionellen Konzepte (Benzin und

## KAPITEL 05 TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNGSPFADE UND DEREN BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG

Diesel) sowie so genannte alternative Antriebe (z. B. Brennstoffzelle, Hybrid-Motoren), dürften die alternativen Konzepte, vor allem aus Kostengründen, lediglich 10 bis 15 % Marktanteil im Jahr 2015 erreichen.<sup>13</sup>

Flankierende Maßnahmen wie finanzielle Anreize können den Markterfolg sicherlich etwas beschleunigen, jedoch sind dieser Möglichkeit enge Grenzen gesetzt. Die Brennstoffzellentechnik ist z. B. ein Bereich mit hohem Potenzial für die zukünftige Antriebstechnik, bei der gerade der automobiler Einsatz intensive Entwicklungsarbeiten erfordert. Im Jahr 2004 wurde ein bedeutender Durchbruch im Bereich der Brennstoffzelle erzielt. Die Kaltstarttemperatur sowie die damit verbundenen Probleme mit Kondensatanfall sind weitgehend gelöst. Auch wenn dies ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Alltags-tauglichkeit ist, bleiben noch viele Fragen offen – beispielsweise zur Produktion von Wasserstoff, zum sicheren Speichern sowie zur Infrastruktur. Der höchste Wirkungsgrad eines Einzelaggregates zum Fahrzeugantrieb soll bei der Brennstoffzelle, betrieben mit Wasserstoff, liegen. Die nachhaltige Produktion von Wasserstoff mittels regenerativer Energie ist zu markt-gängigen Preisen jedoch heute noch nicht möglich.

Es sind also einige Zwischenschritte auf dem Weg dorthin erforderlich. Dazu gehören primär noch weiter optimierte Diesel-Direkteinspritzkonzepte, in Kombination mit synthetischen Kraftstoffen und so genanntem Sun-Fuel, also CO<sub>2</sub>-neutraler Kraftstoff, bei dem aus Biomasse erzeugtes Synthesegas zum Einsatz kommt (Gas-to-Liquid-Prozess). Bei steigenden Kraftstoffkosten für rohbölbasierende Kraftstoffe werden diese Alternativen wirtschaftlich darstellbar. Die Verfügbarkeit dieser Alternativen, die dem konventionellen Kraftstoff in seinem Einsatz und in der Infrastruktur sehr ähnlich sind, wird sich positiv auf die gesamte CO<sub>2</sub>-Emission auswirken. Die tatsächlichen Potenziale der verschiedenen Alternativen lassen sich aus heutiger Sicht schwer einschätzen. Jedoch besteht kein Zweifel daran, dass sie das Rohöl nicht ersetzen können. Es wird auch nicht nur eine einzige Alternative geben, sondern mehrere, die regional oder auch zeitlich beschränkt zum Einsatz kommen. So sind Hybrid- oder Elektrofahrzeuge zweifellos ein taugliches Konzept für weniger Emissionen in Ballungsräumen oder für den Zustellverkehr (Kurier, Express und Paketlieferungen). Jedoch können auch diese Konzepte die Gesamtsituation nicht grundlegend ändern.

### SCHADSTOFFAUSSTOSS

Die langjährige Zunahme der Emissionen durch den Straßenverkehr hat mit dem Drei-Wege-Katalysator seit 1990 eine deutliche Trendwende erfahren. Das heißt HC, NO<sub>x</sub>, CO sind auf Werte um 200 Kilotonnen pro Jahr (kt/a) stabilisiert, gegenüber Werten von 1200 kt/a aus den Jahren vor 1985.<sup>15</sup>

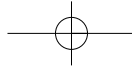


Durch neuartige Diesel-Partikelfilter wird man auch hinsichtlich der Rußproblematik eine rasche Trendwende erreichen können. Das CO<sub>2</sub>-Problem ist jedoch noch nicht in gleichem Maße gelöst, da durch die gestiegenen Fahrleistungen Einspareffekte durch geringeren Verbrauch weitgehend kompensiert werden. Es bleibt also das Problem der CO<sub>2</sub>-Emission aus dem Einsatz von fossilen Kraftstoffen. Vom europäischen Verband der Automobilhersteller ACEA wurde zugesagt, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Neuwagenflotte von 1995 bis 2008 um 25 % auf 140g/km zu reduzieren.<sup>16</sup> Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass dieses Ziel erreicht werden kann.

Kurzfristig (ein bis fünf Jahre) werden Partikelfilter als End-of-Pipe-Technologie die Abgase von Diesel-Pkw reinigen und dadurch die Gesundheitsgefahr durch Partikel deutlich verringern. Es wäre wünschenswert, wenn eine ähnliche Technik auch in Diesel-Lokomotiven und Schiffen eingesetzt werden würde. Sparsame Antriebe gewinnen durch politik- oder verknappungsbedingte Preissprünge bei Kraftstoffen an Attraktivität, wie sich in den letzten Jahren durch den Boom bei Diesel-Pkw erkennen ließ. Aber auch Hybrid-Fahrzeuge, die sparsame, abgas- und geräuscharme Elektromotoren mit Verbrennungsmotoren kombinieren, werden sich bei kosten- und umweltbewussten Pkw-Fahrern stärker durchsetzen.

Mittelfristig (fünf bis 15 Jahre) spielen Übergangstechnologien auf dem Kfz-Markt eine Rolle. Dazu gehören Erdgasfahrzeuge und Fahrzeuge, die mit Kraftstoffen aus Biomasse betrieben werden können (z.B. Bio-Gas und Rapsöl). Hier bietet Erdgas den Vorteil einer deutlich besseren Verfügbarkeit als Rohöl, einer schadstoffärmeren Verbrennung und der Emission einer geringeren Menge an Treibhausgasen pro Energieeinheit. Für Biomasse lässt sich vor allem die Neutralität bei der Emission der Treibhausgase bei eingeschränkter Verfügbarkeit anführen. Der Einsatz von Erdgas als Kraftstoff kann langfristig den Weg ebnen für alternative, gasförmige Kraftstoffe, da dieselbe Art von Versorgungsinfrastruktur dafür aufgebaut werden müsste. Hier ist vor allem die Wasserstofftechnologie wichtig.

Langfristig (mehr als 15 Jahre) ist noch unsicher, welche Technologie sich durchsetzen wird. Die geballten Forschungsinitiativen in den USA, Japan und Europa deuten aber an, dass die Zukunft des Verkehrs mit großer Wahrscheinlichkeit in einer wasserstoffbasierten Antriebstechnologie liegen wird, die mit Brennstoffzellen arbeitet und bei der die Primärenergie zunehmend aus erneuerbaren Quellen stammt.<sup>17</sup> Der weltweite Wettlauf um die besten Startplätze zur Teilnahme an diesem Technologiesprung ist bereits in vollem Gang.



## KAPITEL 05 TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNGSPFADE UND DEREN BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG

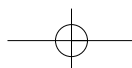
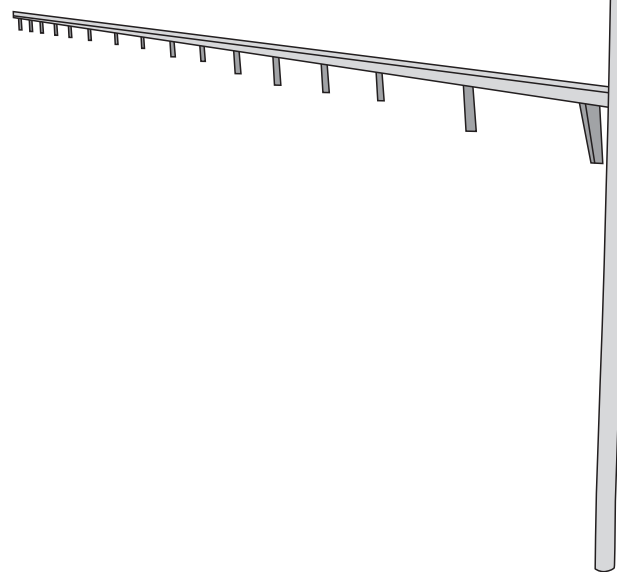
### AUSBlick

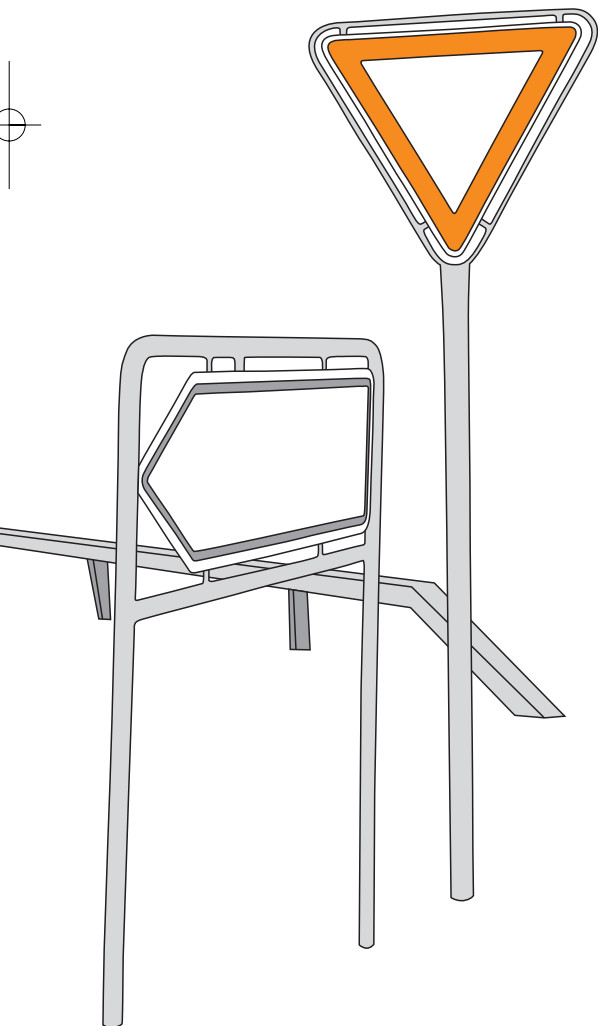
Der Überblick über die verschiedenen Verkehrsträger und technischen Innovationen zeigt, dass im Bereich Verkehr in Zukunft mehr als bisher auf die Balance zwischen den Einflussfaktoren Wirtschaftlichkeit, nachhaltige Umweltverträglichkeit und Qualität geachtet werden muss. Ein Bündel von neuen Technologien kann diese Balance fördern. Speziell innovative Telematiklösungen können dazu beitragen, dass die Verkehrswege entzerrt und effektiver genutzt und in der Folge Umweltbelastungen verringert werden. Die Telematik wird aber nicht nur den Verkehrsablauf besser steuern helfen. Mit ihr können über Benutzergebühren auch ökonomische Anreize gesetzt werden. Infrastrukturkosten und ökologische Kosten lassen sich dadurch den Verursachern zuordnen. Dies fördert ein auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes Verkehrssystem.

Mobilität muss außerdem als ein ganzheitlicher Prozess gesehen werden. Rahmenbedingungen und Prozesse in der Wirtschaft wirken sich auf den gewerblichen Güterverkehr aus; Lebenskultur und Wohlstand beeinflussen unser Verhalten bei individueller Mobilität. Seit langem steht fest, dass Verkehr kein ausschließlich nationales Thema mehr ist. Das Zusammenwachsen Europas und die Globalisierung der Wirtschaft verlangen international gültige Standards, insbesondere in der Telematik. Nur so kann die Interoperabilität der Systeme gewährleistet und eine Vielfalt, wie sie heute im Schienenverkehr vorherrscht, vermieden werden.

Insgesamt muss die Wirtschaftlichkeit aller Verkehrssysteme sichergestellt werden. Nur so sind nachhaltige Lösungen darstellbar. Navigations- und Verkehrsinformationssysteme werden mit fallenden Anschaffungskosten die Märkte erobern. In der Folge lassen sich Verkehrsströme dauerhaft optimieren. Auch die Sicherheit aller Verkehrsträger wird durch die neuen Technologien positiv beeinflusst. Sinkende Unfallzahlen sowie weniger Verletzte und Tote versprechen volkswirtschaftliche Gewinne, besonders im Straßenverkehr. Die bereits in den Straßenfahrzeugen installierten aktiven Sicherheitssysteme wie ABS (Anti-Blockiersystem) oder ESP (Elektronisches Stabilitätsprogramm) sowie die passiven Systeme wie etwa Airbags werden in Zukunft noch deutlich erweitert. Die Fahrer-Assistenz-Systeme der Zukunft warnen beispielsweise vor Kollisionen, helfen beim Spurwechsel, überwachen den »toten Winkel« oder schützen vor einem Seitenaufprall.

Vor dem Hintergrund der Zuwachsraten im Verkehr kann aber die Technik allein die skizzierten Probleme nicht lösen. Verkehr wird von einer Vielzahl gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Größen beeinflusst. Hinzu kommt der schwer kalkulierbare Faktor des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer. Sie müssen davon überzeugt werden, dass ihnen neue Technologien einen klaren





Nutzen bringen – störungsfreie und sichere Mobilität. Die Schlüsselworte bei der Verbrauchermotivation lauten Information und Anreize. Vernetzte Informationen und ihre nutzerorientierte Präsentation sind der Schlüssel für viele Teillösungen, die zusammen das Gesamtsystem Verkehr nachhaltig verbessern werden. Ein auf Telematik basierendes Preissystem, das ökologische und ökonomische Kosten in Anreize für die Verkehrsteilnehmer fasst, bildet den Rahmen hierfür.

Die genannten, bereits teilweise heute schon verfügbaren Technologien eröffnen durchaus eine positive Vision für die kommenden Dekaden. Im Bereich der Antriebe wird eine Kombination aus Leichtbau und effizienzoptimierten Antrieben den CO<sub>2</sub>-Ausstoß deutlich reduzieren. Die Brennstoffzelle in Kombination mit der CO<sub>2</sub>-neutralen Produktion von Wasserstoff kann mittel- bis langfristig fossile Kraftstoffe schrittweise ersetzen. Die Fahrleistung wird durch Substitution und entsprechende Anreize, auch finanzieller Art, zumindest geringere Wachstumsraten erreichen als in den letzten Jahren. Die Verkehrssicherheit wird durch den Einsatz neuer Technologien steigen. Das Ziel lautet hier »zero accident«. Durch die erwähnten Informations- und Kommunikations-Technologien, nicht zuletzt durch das Galileo-Projekt, werden die Verkehrsmanagementzentralen über eine neue Qualität von Verkehrs- und Reiseinformationen verfügen. All diese Maßnahmen werden auch im Jahr 2020 die notwendige Mobilität sicher, wirtschaftlich und umweltgerecht ermöglichen.

## 5. TABELLEN

Tabelle 1:<sup>18</sup>

### VERKEHRSLEISTUNGEN IM PERSONENVERKEHR (BRD)

|                             | 2000     |            | Prognose 2015 |            | Veränderung |
|-----------------------------|----------|------------|---------------|------------|-------------|
|                             | Mrd. pkm | Anteil (%) | Mrd. tkm      | Anteil (%) | (%)         |
| Eisenbahnverkehr            | 75       | 8,1        | 98            | 8,7        | +31         |
| Individual-Straßenverkehr   | 731      | 78,9       | 873           | 77,3       | +19         |
| Öffentlicher Straßenverkehr | 77       | 8,3        | 86            | 7,6        | +11         |
| Luftverkehr                 | 43       | 4,6        | 73            | 6,5        | +70         |
| Insgesamt                   | 926      | 100,0      | 1 130         | 100        | +20         |

Erläuterung:

Luftverkehr: Verkehr über dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

Öffentlicher Straßenverkehr: Linienverkehr und Gelegenheitsverkehr

pkm: Personenkilometer

## KAPITEL 05 TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNGSPFADE UND DEREN BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG

Tabelle 2:<sup>19</sup>

### VERKEHRSLEISTUNGEN IM GÜTERVERKEHR (DEUTSCHLAND)

|                     | 2000        |               | Prognose 2015 |               | Veränderung<br>(%) |
|---------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
|                     | Mrd.<br>pkm | Anteil<br>(%) | Mrd.<br>tkm   | Anteil<br>(%) |                    |
| Eisenbahnverkehr    | 76          | 18,4          | 148           | 24,3          | +95                |
| Straßengüterverkehr | 270         | 65,5          | 374           | 61,5          | +39                |
| Binnenschifffahrt   | 66,5        | 16,1          | 86            | 14,1          | +23                |
| Insgesamt           | 412,5       |               | 608           |               | +47                |

Erläuterung:

Straßenverkehr ohne Nahverkehr (Straßengüterverkehr 2000 gesamt 281 Mrd. tkm)  
tkm: Tonnenkilometer

Tabelle 3:<sup>20</sup>

### GÜTERVERKEHR – VERKEHRSaufKOMMEN NACH VERKEHRSTRÄGER (%) (EU)

|      | Straßen-<br>verkehr | Schienen-<br>verkehr | Binnen-<br>schifffahrt | Seeschifffahrt<br>(Intra-Eu) |
|------|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|
| 1970 | 36,3                | 21,0                 | 7,6                    | 35,1                         |
| 1980 | 37,8                | 15,4                 | 5,6                    | 41,2                         |
| 1990 | 43,2                | 11,3                 | 4,7                    | 40,8                         |
| 2000 | 45,1                | 8,3                  | 4,2                    | 42,4                         |

### PERSONENVERKEHR – VERKEHRSaufKOMMEN NACH VERKEHRSTRÄGER (%) (EU)

|      | PKW  | Bus  | Straßenbahn<br>U-Bahn | Schiene | Luft |
|------|------|------|-----------------------|---------|------|
| 1970 | 73,9 | 12,6 | 1,8                   | 10,2    | 1,5  |
| 1980 | 76,3 | 11,6 | 1,4                   | 8,2     | 2,5  |
| 1990 | 79,2 | 9,1  | 1,2                   | 6,6     | 3,9  |
| 2000 | 78,3 | 8,5  | 1,1                   | 6,3     | 5,8  |

Erläuterung:

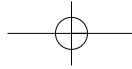
ohne Berücksichtigung der Transportleistung durch Rohöl-Rohrleitungen



## QUELLEN

- <sup>1</sup> STATISTISCHES BUNDESAMT: Verkehr im Überblick 2002, Fachserie 8, Berlin, 2002.
- <sup>2</sup> BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND WOHNUNGSWIRTSCHAFT (BMVWB): Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin, 2003.
- <sup>3</sup> EUROPÄISCHE KOMMISSION: Information der Europäischen Kommission, Generaldirektion Energie und Verkehr, 26.03.2002, Brüssel, 2002.
- <sup>4</sup> EUROPEAN SPACE AGENDA (ESA)/EUROPEAN COMMISSION: Galileo Applications, 10/2002, Brüssel, 2002.
- <sup>5</sup> EUROPÄISCHE KOMMISSION: EU Energie und Verkehr in Zahlen, Statistisches Taschenbuch 2002, Brüssel, 2002.
- <sup>6</sup> WIRTSCHAFTSFORUM VERKEHRSTELEMATIK: Handlungsempfehlungen für die Mobilität der Zukunft, Schlussbericht Arbeitskreis Internationale Arbeitsteilung, Lenkungsgruppe zum Wirtschaftsforum Verkehrstelematik, 2002.
- <sup>7</sup> STATISTISCHES BUNDESAMT: Verkehr im Überblick 2002, Fachserie 8, Berlin, 2002.
- <sup>8</sup> DEUTSCHE LUFTHANSA AG: Prognose Lufthansa Cargo, planet online, Köln, 2004.
- <sup>9</sup> DEUTSCHE VERKEHRSZEITUNG: DVZ news, 1.11.2003, Hamburg, 2003.
- <sup>10</sup> VESTER, Frederic: Ausfahrt Zukunft, Heyne Verlag, München, 1992.
- <sup>11</sup> CYBERNETIC TRANSPORTATION SYSTEMS FOR THE CITIES OF TOMORROW (CYBERMOVE): <http://www.aramis-research.ch/d/14556.html>, 2001.
- <sup>12</sup> DEKRA e.V.: Crashversuche mit Geländewagen Juli 2000, Wildhaus/Neumünster, 2000.
- <sup>13</sup> RWTH AACHEN: VW Umweltbericht 2001/2002, Aachen, 2001/2002.
- <sup>14</sup> DR. STEIGER, Wolfgang: Synthetische Kraftstoffe: Strategie für die Zukunft, VW-Shell Workshop »Nachhaltige Mobilität«, 6. Mai 2003, Automobil Forum, Berlin, 2003.
- <sup>15</sup> INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG (IFEU): Rechenmodell Traffic Emission Estimation Model (TREM0D 3.0), Heidelberg, 2002.
- <sup>16</sup> DALAN, MARCO UND LUTZ, MARTIN: Kompromiss im Diesel-Streit, 8. Juni 2004, Die Welt, 2004.
- <sup>17</sup> CALIFORNIA FUEL CELL PARTNERSHIP: <http://www.fuelcellpartnership.org/>, 2004 und FUEL CELL COMMERCIALIZATION CONFERENCE: [http://fccj.jp/index\\_e.html](http://fccj.jp/index_e.html), 2004; und HYPNET – THE EUROPEAN HYDROGEN ENERGY THEMATIC NETWORK, 2004: <http://www.hypnet.info>
- <sup>18</sup> STATISTISCHES BUNDESAMT, 2002: Verkehr im Überblick 2002, Fach-



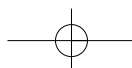


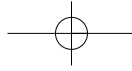
KAPITEL 05 TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNGSPFADE UND DEREN BEITRAG  
ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG

serie 8, Berlin, für Angaben zu 2000; BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND WOHNUNGSWIRTSCHAFT (BMVWB), 2003: Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin, für Angaben zu 2015.

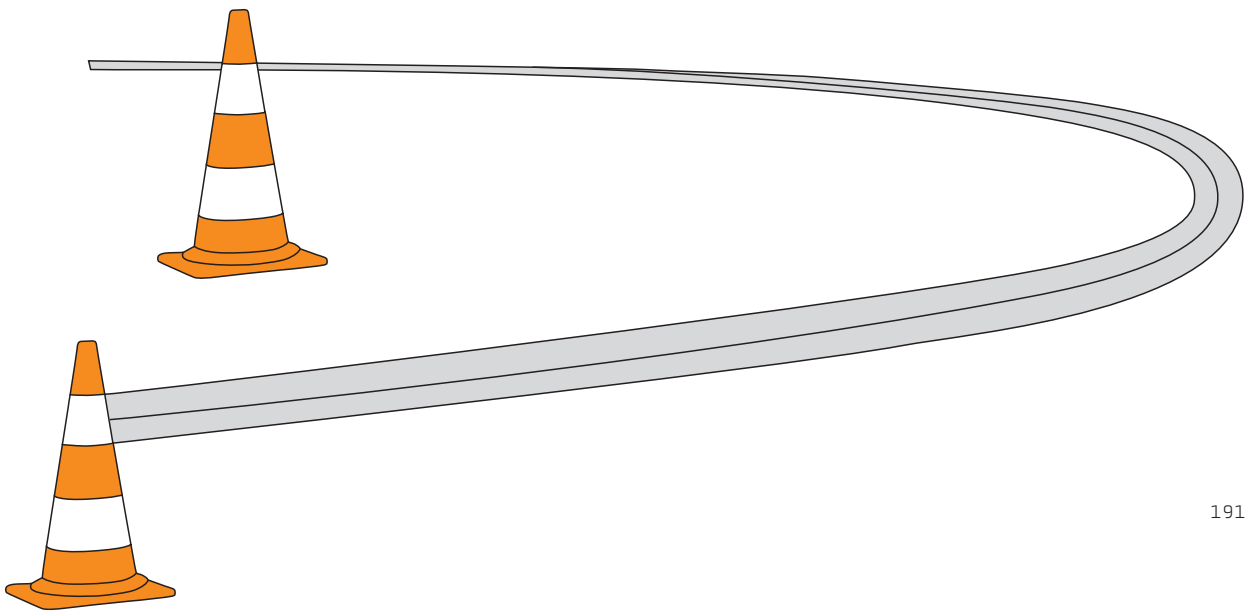
<sup>19</sup> STATISTISCHES BUNDESAMT, 2002: Verkehr im Überblick 2002, Fachserie 8, Berlin, für Angaben zu 2000; BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND WOHNUNGSWIRTSCHAFT (BMVWB), 2003: Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin, für Angaben zu 2015.

<sup>20</sup> EUROPÄISCHE KOMMISSION: EU Energie und Verkehr in Zahlen, Statistisches Taschenbuch 2002, Brüssel, 2002.





>



Erde 2.0 - Technologische Innovationen als Chance für  
eine nachhaltige Entwicklung?

(Hrsg.)

2005, IV, 335 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-21327-7