

Working Paper Sustainability and Innovation
No. S 3/2011



Wolfgang Schade, Anja Peters, Claus Doll,
Stefan Klug, Jonathan Köhler, Michael Krail

VIVER

Vision für nachhaltigen

Verkehr in Deutschland



Fraunhofer

ISI

Visionen ohne Taten werden zu Träumereien,

Taten ohne Visionen zu Alpträumen.

Japanisches Sprichwort

Abstract

VIVER (Leben) – *Vision für nachhaltigen Verkehr in Deutschland* ist ein Eigenforschungsprojekt des Fraunhofer ISI, initiiert durch das Geschäftsfeld Verkehrssysteme. Ziel des Projektes war es eine *anschauliche Vision für nachhaltigen Verkehr in Deutschland für das Jahr 2050* zu entwerfen. Dabei wurde bewusst ausschließlich die interdisziplinäre Expertise des Fraunhofer ISI genutzt.

Im Ergebnis wird deutlich, dass nachhaltiger Verkehr in Deutschland sich nur durch die passfähige Kombination von technologischem Wandel und Verhaltensänderung erreichen lässt. In einem nachhaltigen Verkehrssystem werden der Personen- und Güterverkehr nicht bis 2050 weiter wachsen, sondern sich in den nächsten Dekaden stabilisieren – der Personenverkehr früher als der Güterverkehr – und der Personenverkehr wird in den letzten Dekaden sogar deutlich zurückgehen. Dieser Trendbruch von stetig wachsender Verkehrsnachfrage hin zu Stagnation und Rückgang lässt sich vor allem auf Verhaltensänderungen und strukturelle Veränderungen in Produktions- und Globalisierungsprozessen (d.h. letztendlich auf Verhaltensänderungen der Unternehmen) zurückführen. Diese Veränderungen lassen sich zum einen durch einen Wertewandel in der Gesellschaft (z.B. hin zu einer hohen Bedeutung von Klimaschutz und Lebensqualität) und zum anderen durch veränderte Rahmenbedingungen (z.B. durch eine verstärkte Knappheit fossiler Energieträger) sowie politische Strategien (z.B. an Umweltaspekten ausgerichtete Verkehrssteuern, Nutzergebühren und Stadtplanung) begründen.

Technologischer Wandel sorgt dafür, dass der verbleibende Verkehr nachhaltig wird. Wichtige Aspekte sind hier zum einen die weite Verbreitung effizienter Antriebstechnologien und Leichtbau und die damit einhergehende Einführung neuer Fahrzeugkonzepte sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr. Zum anderen spielen die Optimierung und intelligente Gestaltung multimodaler Mobilitätskonzepte durch Informations- und Kommunikationstechnologien eine wichtige Rolle. Im Personenverkehr ermöglichen diese Technologien beispielsweise einen Zugang zum jeweils optimalen Verkehrsmittel mit einheitlicher

Echtzeit-Buchungs- und Abrechnungsschnittstelle, im Güterverkehr ermöglichen sie die effiziente Kombination verschiedener Transportmittel sowie einen deutlich optimierten Auslastungsgrad und besseres Routenmanagement. Auch die Kombination von Personen- und Gütertransport in einem Fahrzeug kann zukünftig an Bedeutung gewinnen.

Die beschriebene Vision stellt das Ergebnis einer Entwicklung hin zu einem nachhaltigen Verkehrssystem anschaulich dar und kann die Kommunikation nachhaltiger Entwicklungsziele an relevante gesellschaftliche Zielgruppen unterstützen und Anziehungskraft ausüben, statt Angst vor Veränderungen zu wecken.

Keywords: Nachhaltigkeit, Mobilität, Verkehr, Vision, Deutschland, 2030, 2050

Danksagung:

Bei der Bearbeitung dieses Vorhabens haben weitere Kollegen des Fraunhofer ISI mitgewirkt. Insbesondere gebührt der Dank der Autoren Elna Schirrmeister für die Moderation des Workshops sowie Carsten Gandenberger, Nicki Helfrich, Martin Wietschel und Sebastian Ziegaus für die konstruktiven Workshop-Beiträge. Besonderer Dank gilt auch Judith Kozinski für die erfolgreiche und nicht immer einfache Visualisierung unserer Vision. Für den Inhalt dieses Working Papers sind selbstverständlich die Autoren verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung.....	1
2	Andere Visionen von Mobilität und Verkehr.....	3
2.1	Historische Visionen von Mobilität und Verkehr	3
2.2	Aktuelle Visionen und Szenarien von Mobilität und Verkehr	5
3	Vision nachhaltiger Verkehr – Definition und Ziel	10
4	Methodisches Vorgehen	12
5	Rahmen der Vision VIVER - Basisannahmen	14
5.1	Abgrenzung.....	14
5.2	Mega-Trend 1: Demografie – abnehmende Bevölkerung.....	14
5.3	Mega-Trend 2: BIP- und Einkommenswachstum nur moderat.....	15
5.4	Mega-Trend 3: Soziale Sicherung und Rente stabil	16
5.5	Mega-Trend 4: Außenhandel und Logistik verlangsamt	17
5.6	Mega-Trend 5: Einfluss des Klimawandels langsam spürbar	17
5.7	Mega-Trend 6: Verknappung fossiler Energien	18
5.8	Mega-Trend 7: Wirtschaftsordnung und Staatsverständnis.....	18
5.9	Visualisierung der Mega-Trends	18
6	Schlüsselfelder	20
6.1	Werte.....	20
6.2	Raumplanung – Stadt und Land.....	24
6.3	Arbeit und Freizeit	27

6.4	Produktion und Märkte	29
6.5	Querschnitts-Technologien.....	30
6.6	Verkehrspolitik: Marktordnung und Liberalisierung.....	31
6.7	Mobilitätskonzepte.....	32
6.8	Logistikkonzepte.....	34
7	Was bedeutet das für den Personenverkehr?	36
8	Was bedeutet das für den Güterverkehr?	42
9	Visualisierung der Vision	45
10	Schlussfolgerungen und Ausblick	49
11	Referenzen.....	51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Zusammenstellung von Visionen aus den 40er bis 60er Jahren (Quelle der einzelnen Illustrationen: [1]).	4
Abbildung 2:	Vision einer technikzentrierten urbanen Mobilität für das Jahr 2030 aus dem Jahre 2010 [6].	8
Abbildung 3:	Piktogramme zur Visualisierung der Mega-Trends und Schlüsselfelder der Vision VIVER [16].	19
Abbildung 4:	Ausschnitt aus der Visualisierung der Vision VIVER zur Symbolisierung des barrierefreien und komfortablen Umstiegs zwischen verschiedenen urbanen Sharing-Verkehrsmitteln [16].	22
Abbildung 5:	Marketing für regionale Produkte bzw. Dienstleistungen. Links: Kampagne „Kurz nah weg: Urlaub in Deutschland“ (2008) [21]. Mitte: Label für Produkte, welche zu 100% von regionalen Produzenten hergestellt werden [22]. Rechts: Logo der Gemeinschaft autofreier Schweizer Tourismusorte [23].	24
Abbildung 6:	Links: Illustration des Sonoma Mountain Village in der Nähe von San Francisco, eines rund 80 ha großen Wohngebietes, welches 100% nachhaltig entwickelt wird (Quelle: [24]). Rechts: Marktplatz, konsequente Dachbegrünung und urbane Multimodalität in der Visualisierung von VIVER [16].	25
Abbildung 7:	Erschließung des autofreien Stadtteils Vauban in Freiburg mit begrünten Schienenanlagen 2.5 km entfernt vom Stadtzentrum [29].	26
Abbildung 8:	Ausleihen eines Leihfahrrades an einer Tram-Station (links) bzw. eines elektrischen Kleinstfahrzeuges im Stadtbereich (rechts) in der Visualisierung von VIVER [16].	33
Abbildung 9:	Automatisierung des Schienenverkehrs. Links: unterirdische Containertransport in Ballungszentren mit Cargo-Cap [16]. Rechts: Containerverladung [35].	35
Abbildung 10:	Multimodalität – von der Bahn zum Elektroauto, Fahrrad oder Segway [16].	37

Abbildung 11:	Neue elektrische Kleinstfahrzeuge für den urbanen Raum – Links: Segway-Puma [36]. Mitte: Nutzung von Segways im urbanen Raum [16]. Rechts: Honda-3RC [37].	39
Abbildung 12:	Lastwagen werden als Hybrid- und rein elektrische Varianten im Bereich der Lieferwagen angeboten (Links: MAN [39]; Rechts: Daimler [40]).....	43
Abbildung 13:	Überlagerung von Piktogramm und anschaulicher Vision in der Visualisierung der Vision VIVER [16].	45
Abbildung 14:	Anschauliche Visualisierung der Vision VIVER (Ansicht der Ebene 2) [16].	46
Abbildung 15:	Person mit rotem Mantel und gelber Tasche bei der Nutzung von Segway, Tram und Fahrrad sowie im Straßencafé [16].	47
Abbildung 16:	Attraktive grüne Städte mit durch Rad und ÖPNV erschlossenen Naherholungsgebieten und erneuerbarer Energieversorgung [16].	48

1 Vorbemerkung

Dieses Arbeitspapier wurde in einem internen Projekt des Fraunhofer ISI entwickelt. Ziel des Projektes war es, eine *anschauliche Vision für nachhaltigen Verkehr in Deutschland für das Jahr 2050* zu entwerfen. Solche Visionen werden meistens unter enger Beteiligung von Interessensgruppen in moderierten Workshops erarbeitet. Naturgemäß vertreten diese Interessensgruppen dabei auch ihre individuellen Interessen. Dies kann durchaus zu ungewollten Einschränkungen bei der freien Entwicklung einer Vision führen. Um solche Einschränkungen zu vermeiden, wurde für dieses Projekt VIVER (*Vision für nachhaltigen Verkehr in Deutschland*) ein anderes Konzept gewählt.

Basis von VIVER bildet die über viele Forschungsjahrzehnte erworbene, gebündelte und interdisziplinäre Expertise des Fraunhofer ISI, insbesondere des Geschäftsfelds Verkehrssysteme. Es wurde bewusst darauf verzichtet, externe Akteure und Interessensgruppen einzubinden. Stattdessen wurde ein interdisziplinäres Team des Fraunhofer ISI, bestehend aus Wirtschaftsingenieuren, Volkswirten, Raum- und Verkehrsplanern, Schiffsbauingenieuren und Psychologen, zusammengestellt, welches in zahlreichen Diskussionsrunden und einem moderierten internen Workshop die Bausteine der Vision erarbeitet und in diesem Working Paper zusammengeführt und dokumentiert hat. Das Kernteam hat dabei die Autorenschaft dieses Arbeitspapiers übernommen.

Ausgangspunkt der Arbeit war die Feststellung, dass wir heute in Deutschland kein nachhaltiges Verkehrssystem haben, sondern z.B. Lärm, Klimabelastung, Unfälle und die Zerschneidung der Städte durch heutige Verkehrsinfrastrukturen nicht nachhaltig sind und sich somit unser Verkehrssystem für die Realisierung eines nachhaltigen Verkehrssystems wandeln muss. Dabei erlaubt ein Zeithorizont von 40 Jahren auch die Annahme von Trendbrüchen, sei es bei den Rahmenbedingungen, bei der Technologie oder beim Verhalten. Eine solche Vision kann aber nur Realität werden, wenn sie zu den Rahmenbedingungen passt und Anziehungskraft auf die Gesellschaft und ihre verschiedenen Interessensgruppen ausübt. Eine wichtige Voraussetzung für eine solche Anziehungskraft ist, dass die Vision anschaulich ist.

Die Vision wird beschrieben durch Rahmenbedingungen, Schlüsselfelder und eine Synthese für das so entstehende Personen- und Güterverkehrssystem. Bei der Diskussion der Rahmenbedingungen und Schlüsselfelder wären häufig verschiedene sogar divergierende Entwicklungen vorstellbar. Im Rahmen der Diskussionen wurde bei Unstimmigkeiten weitgehend ein Konsens erzielt und so

eine umfassende nachhaltige und unserer Einschätzung nach realisierbare Vision entwickelt, welche die verschiedenen als relevant erachteten Aspekte zusammenführt. Durch die normative Forderung von Nachhaltigkeit wurden bewusst mögliche negative und damit nicht-nachhaltige Alternativen wie der Zusammenbruch der sozialen Systeme durch demografischen Wandel und ungleiche Einkommensverteilung nicht in Betracht gezogen, obwohl diese bei fehlendem politischen und gesellschaftlichem Wandel im Bereich des eher Wahrscheinlichen liegen.

Neben der verbalen Beschreibung der Vision in diesem Working Paper wurde auch eine graphische Visualisierung erarbeitet, welche zum einen in einer Piktogramm-Struktur Rahmenbedingungen und Schlüsselfelder für nachhaltige Mobilität abbildet und zum anderen unsere Vision eines urbanen Raumes im Jahre 2050 darstellt. Elemente dieser Darstellung illustrieren das Working Paper.

Dieser Bericht beginnt mit einem Rückblick auf Visionen der Mobilität aus der Vergangenheit und einem Überblick über ausgewählte aktuelle Visionen, definiert anschließend den Begriff nachhaltiger Verkehr und beschreibt dann das Vorgehen, um unsere Vision von nachhaltigem Verkehr zu entwickeln. Die Beschreibung der Vision startet mit den prägenden Rahmenbedingungen, die wir bis 2050 bei konsequentem politischem Handeln erwarten, und diskutiert anschließend die Veränderung in den für Mobilität wichtigen Schlüsselfeldern. Darauf aufbauend werden die Konsequenzen für den Personen- und den Güterverkehr beschrieben. Schließlich wird die umgesetzte Visualisierung dargestellt, von der Ausschnitte bereits zur Veranschaulichung der vorangehenden Beschreibung der Vision genutzt werden. Das Arbeitspapier schließt ab mit Schlussfolgerungen und einem Ausblick.

2 Andere Visionen von Mobilität und Verkehr

In diesem Kapitel gehen wir kurz auf existierende Visionen für Mobilität und Verkehr ein und beschreiben zum einen (1) historische Versionen aus dem letzten Jahrhundert, zum anderen (2) ausgewählte aktuelle Visionen und Szenarien.

2.1 Historische Visionen von Mobilität und Verkehr

Betrachtet man die Themenstellung in diesem Vorhaben, dann steht der Wunsch einer nachhaltigen Entwicklung der Mobilität und des Verkehrs in Deutschland im Fokus. Das Bewusstsein für die Gefahren steigender Verkehrsaktivitäten für die Gesellschaft, die Umwelt und die Wirtschaft hat sich über viele Jahre verstärkt und beeinflusst die Ausgestaltung der angestrebten Vision einer nachhaltigen Mobilität. Radikale Veränderungen im Bereich des Verkehrs sind zum Teil notwendig, um das vorhandene Verkehrssystem in ein nachhaltiges umzuwandeln. Aus heutiger Sicht mögen zumindest Teile dieser Vision eines nachhaltigen Verkehrssystems im Jahre 2050 unrealistisch anmuten. Ein Blick in die Vergangenheit auf Visionen des Verkehrs im Jahr 2000 aus den 40er bis 60er Jahren des 20. Jahrhunderts (siehe auch [1]) veranschaulicht, dass selbst radikale Vorstellungen über einen langen Zeitraum zur Realität werden können. Klimawandel, die Endlichkeit fossiler Brennstoffe und Luftverschmutzung waren zur Zeit der Entstehung dieser Visionen des letzten Jahrhunderts keine Themen, die breit in der Öffentlichkeit diskutiert wurden. Daher beschäftigen sich die meisten der damaligen Zukunftsbilder des Verkehrs im Jahr 2000 mit anderen Themen: Steigerung der Geschwindigkeit, Verbesserung der Erreichbarkeit und des Reisekomforts. Dies zeigen auch Illustrationen der damaligen Visionen, von denen Abbildung 1 einen Eindruck gibt.

Aus heutiger Sicht kollidieren einige Visionen sicher mit den Vorstellungen eines angenehmen Lebens. Verkehr auf vielen Ebenen innerhalb von Städten erscheint in Hinblick auf urbane Lebensqualität wenig erstrebenswert. Nichtsdestotrotz prägen diese Konstrukte seit vielen Jahren in zahlreichen Mega-Städten das Stadtbild (z.B. in Tokyo). In einigen Visionen verbinden Triebwagenzüge bzw. Magnetschwebbahnen mit Geschwindigkeiten von bis zu 400 km/h die deutschen Ballungsräume. Technisch sind viele Hochgeschwindigkeitszüge anno 2010 zu diesen Geschwindigkeiten in der Lage; der enorme Energieverbrauch, die dichte Siedlungsstruktur in Deutschland und teure Infrastrukturen sowie die Sicherheit auf den Trassen zwingen jedoch zu geringeren Geschwindigkeiten. Magnetschwebbahnen haben sich bis 2010 in Folge der

enormen Kosten der Infrastruktur nicht durchsetzen können. Neben Personenzügen werden auch Überschallflugzeuge thematisiert. Nach Einstellung des Flugbetriebes der Concorde- und Tupolev-Flotte, hauptsächlich aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, ist jedoch im Jahr 2010 kein Überschallflugzeug in der zivilen Luftfahrt im Einsatz.



Abbildung 1: Zusammenstellung von Visionen aus den 40er bis 60er Jahren (Quelle der einzelnen Illustrationen: [1]).

Diese Beispiele verdeutlichen, dass die Visionen technisch durchaus realisierbar waren bzw. sind. Steigende Energiepreise und mangelnde Akzeptanz der Menschen wurden bei der Entwicklung der Visionen jedoch zumeist nicht beachtet. Nichtsdestotrotz machte man sich bereits Gedanken über eine neue Energiequelle für den Verkehr. Kernkraft wurde damals von vielen Visionären als universelle, saubere, unerschöpfliche Energiequelle für fast alle Verkehrsmodi (Schiff, Zug, Flugzeug und Bus) angesehen. Manche konnten sich auch „Kraftfahrzeuge ohne Benzin“ vorstellen, angetrieben mit Flüssig- oder Holzgas [1]. Andere Energiequellen waren dagegen selten Gegenstand der Visionen.

Bereits in den 60er Jahren gab es Visionen, wie ein 5. Verkehrsträger neben Rad, Schiene, Wasser und Luft aussehen könnte. Personen- und Güterverkehr

in Röhrensystemen war dabei die gängigste Vision, angetrieben beispielsweise durch Druckluft oder Propeller. Aktuell lebt diese Vision wieder auf in Konzepten wie dem „CargoCap“. Einige Visionäre formulierten konkrete Vorstellungen von der Eroberung der 3. Dimension für den Individualverkehr. Menschen sollten im Jahr 2000 mit Kleinstflugzeugen bzw. kombinierten Auto-Flugzeug-Hybriden mobil sein und schnell an ihr Ziel kommen. Angesichts hoher Preise für fossile Brennstoffe, geringer Energiedichten alternativer Kraftstoffe und mutmaßlich unlösbarer Sicherheitsprobleme der Koordination eines schnellen Massenverkehrsmittels mit dreidimensionalem Freiheitsgrad haben sich diese Konzepte trotz technischer Machbarkeit nie durchgesetzt. Sie bilden aber weiter einen Bestandteil langfristig angelegter Forschungsprogramme, wie des europäischen 7. Rahmenprogramms.

Andere technische Vorstellungen der damaligen Visionäre bezüglich der Mobilität im Jahr 2000 finden sich im heutigen Verkehrssystem bereits wieder und sind teilweise Standards geworden. Fahrer in allen Verkehrsmitteln werden mehr und mehr durch Computer unterstützt. Navigationssysteme sind bereits seit einigen Jahren im motorisierten Individualverkehr im Einsatz. U-Bahnen und Metros verkehren zum Teil fahrerlos und werden von Computern gesteuert.

2.2 Aktuelle Visionen und Szenarien von Mobilität und Verkehr

Auch zur zukünftigen Entwicklung von Mobilität und Verkehr sind von verschiedener Seite Visionen und Szenarien entwickelt worden. Die Abgrenzung zwischen Vision und Szenario ist schwierig und auch nicht eindeutig. Mit der Verwendung des Begriffes Vision wollen wir vor allem drei Aspekte hervorheben:

- (1) Die Vision soll anschaulich sein.
- (2) Die Vision soll ganzheitlich sein, d.h. nicht nur einen bzw. ausgewählte Aspekte von Verkehrssystemen erfassen.
- (3) Die Vision steht für sich und soll unsere Vorstellung eines nachhaltigen Verkehrssystems darstellen. Es sollen keine Varianten entwickelt werden, welche unterschiedlich optimistische Entwicklungen annehmen oder unterschiedliche Maßnahmen betonen, sondern das Ergebnis soll eine umfassende positive, aber durchaus realistische Vision sein.

Im Gegensatz dazu entstehen Szenarien oft durch die Zusammenfassung quantitativer Trends, betrachten nur die Entwicklung in einem ausgewählten

Sektor oder sind nur verständlich im Kontext mehrerer Szenarien, die untereinander verglichen werden.

Im Folgenden werden einige ausgewählte Beispiele aktueller Visionen bzw. Szenarien kurz vorgestellt. Prominente Szenarien sind z.B. die Shell PKW-Szenarien bis 2030 [2] und die Szenarien zur Zukunft der Mobilität für das Jahr 2030 des Instituts für Mobilitätsforschung (ifmo) [3]. Neben diesen wird das Konzept der Complete Mobility von Siemens [4]; [5]; [6] herangezogen, welches durch eine Vielzahl von Szenarien und technische Entwicklungen für Einzelaspekte konkretisiert wird, letztendlich aber auch versucht ein komplettes Bild für die Mobilität der Zukunft zu entwickeln. Allerdings fehlt dieser Darstellung zum Teil der Aspekt der Lebensqualität bzw. er scheint zumindest vernachlässigt zugunsten von technischen Lösungen, so dass die Anziehungskraft, die dieses Bild auf die Gesellschaft auszuüben vermag, als gering einzustufen ist. Die Projektionen des VIBAT-Projektes (Visioning and Backcasting for UK Transport Policy) von Hickman und Banister [7], welche ebenfalls kurz beschrieben werden, stellen dagegen aus unserer Sicht ein positives Beispiel für eine anschauliche Vision eines nachhaltigen Verkehrssystems dar.

Die Studie von Shell [2] beschreibt mögliche Folgen des demografischen Wandels für künftige Auto-Mobilität in Deutschland und analysiert mögliche Entwicklungen und Nachhaltigkeitspotentiale bei den Antriebstechnologien von PKW bis zum Jahr 2030. Sie beschränkt sich mit der Beschreibung des Motorisierungsgrades, der Laufleistung sowie der technologischen Ausstattung der PKW in Deutschland auf einen kleinen Bereich nachhaltiger Verkehrssysteme. Zukünftige Entwicklungen werden vor allem anhand der Fortschreibung bisheriger Trends abgeleitet. Trendbrüche werden kaum in Betracht gezogen; für das Alternativs- oder Nachhaltigkeitsszenario werden neben einem technologischen Wandel durch strenge Umwelt- und Nachhaltigkeitsziele und entsprechende umweltpolitische Maßnahmen keine weiteren strukturellen Veränderungen oder Verhaltensänderungen beschrieben. Die Ausgestaltung der Verkehrssysteme wird von Shell [2] nur am Rande betrachtet, ebenfalls mit der Annahme, dass sich heutige Siedlungs- und regionale Entwicklungstrends weiter fortsetzen.

Im Gegensatz zu den PKW-Szenarien von Shell [2] wird in den Szenarien von ifmo [3] eine umfassende Perspektive auf das Verkehrssystem als Ganzes eingenommen sowie auf die vielfältigen Faktoren, welche für die Zukunft der Mobilität ausschlaggebend sind und deren Einflüsse in Szenarioworkshops mit Experten analysiert wurden. Ziel der ifmo-Szenarien ist, mögliche und denkbare alternative Zukunftsbilder zu beschreiben, welche sich nicht zwangsläufig durch

eine lineare Fortschreibung von heutigen und bisherigen Entwicklungen herleiten lassen. Die mitunter eher abstrakten Beschreibungen von zukünftigen Technologien und Innovationen werden, wo möglich, durch erste Ansätze, welche z.T. in der Praxis schon existieren, beispielhaft veranschaulicht und konkretisiert.

In Hinblick auf relevante Einflussfaktoren werden Entwicklungen auf gesellschaftlicher, wirtschaftlicher, politischer, technologischer, ökologischer und verkehrsträgerbezogener Ebene betrachtet. Die Szenarien unterscheiden sich dabei z.T. deutlich in den Annahmen zu einigen sehr relevanten Rahmenbedingungen von Mobilität. Insbesondere die jeweils unterschiedlichen Annahmen zur Wirtschaftsleistung als wichtiger Rahmenbedingung für Mobilität haben deutliche Auswirkungen auf die Verkehrsleistung in den Szenarien. Auch der Einfluss soziokultureller Faktoren und damit möglicher Veränderungen von Einstellungen und Werthaltungen der Gesellschaft werden in die Szenarien durch unterschiedliche Ausprägungen einbezogen.

Das nach Einschätzung von ifmo [3] stimmigste Szenario („Globale Dynamik“) ist durch ein positives Wirtschaftswachstum, eine starke Einbindung Deutschlands in den Welthandel, eine aktive, gestalterische Politik und ein starkes Mobilitätswachstum geprägt. Dabei wird ein deutlicher Wandel des Mobilitätsverhaltens angenommen mit einem wesentlich pragmatischeren Mobilitätsleitbild und einem deutlich flexibleren Verkehrsmittelwahlverhalten. Das Szenario „Gereifter Fortschritt“ ist weitgehend durch die gleichen Annahmen der politischen Einflussfaktoren gekennzeichnet, weist aber insgesamt eine deutlich geringere Wachstumsdynamik auf, insbesondere aufgrund einer deutlich stärker geschrumpften Bevölkerung. Das Szenario „Rasender Stillstand“ ist bezüglich der demografischen Gegebenheiten ähnlich, ist aber durch mehrere krisenhafte Entwicklungen gekennzeichnet, die zu starken konjunkturellen Schwankungen, kurzfristig orientierter Politik und stagnierender bzw. sinkender Mobilitätsnachfrage im Güter- bzw. Personenverkehr führen. Ähnliche Szenarien ergeben sich in der Szenario-Studie von SCMI [8], die für die deutschen Ballungsräume sieben Szenarien erstellt hat.

Die Szenarien zur Zukunft der Mobilität von ifmo [3] beschreiben umfassend mögliche Ausgestaltungen und Rahmenbedingungen zukünftiger Verkehrssysteme. Durch die innerhalb der Szenarien variierenden Rahmenbedingungen ist die Ausgestaltung der einzelnen Szenarien jedoch erheblich von diesen Annahmen abhängig. Bei der Entwicklung der ifmo-Szenarien war die Beschreibung möglicher und denkbarer Entwicklungen das Ziel, nicht, wie in diesem

Projekt, die Beschreibung eines explizit nachhaltigen zukünftigen Verkehrssystems, das ökologisch und ökonomisch tragfähig ist und zugleich Lebensqualität für heutige und zukünftige Generationen gewährleistet (vgl. Abschnitt 3). In diesem Projekt werden daher zur Entwicklung genau einer Vision eines nachhaltigen Verkehrssystems plausible Rahmenbedingungen im Voraus festgelegt und der Entwicklung der Vision zugrundegelegt.

Auch Siemens hat in den letzten Jahren zahlreiche Szenarien oder Szenario-Bausteine für eine zukünftige Mobilität entwickelt [4]; [5]; [6]. Die Motivation zur Entwicklung der Szenario-Bausteine besteht dabei vielfach in einer Verbesserung der Umwelteffekte der Mobilität, was sich durchaus und gut mit einer Verbesserung der Lebensqualität verbinden ließe. Auffälligstes Merkmal dieser Szenarien ist aber die Technologiegetriebenheit; dabei fehlt häufig, nicht immer, eine angemessene Berücksichtigung der Lebensqualität. Dadurch ergeben sich urbane Visionen mit vielen technologischen Verbesserungen, aber ohne offensichtliche Verbesserungen der Lebens- und Aufenthaltsqualität (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Vision einer technikzentrierten urbanen Mobilität für das Jahr 2030 aus dem Jahre 2010 [6].

Im Rahmen des VIBAT-Projektes von Hickman und Banister [7] wurde ebenfalls ein Set von Zukunftsbildern entwickelt, welche verschiedene alternative Visionen für das Jahr 2030 darstellen. Ziel war unter anderem, auf Basis der entwickelten Visionen effektive Maßnahmenpakete zu bestimmen, welche notwendig sind, um die beschriebenen Zukunftsbilder zu erreichen. Diese Zukunftsbilder wurden im Gegensatz zu den ifmo-Szenarien [3] ausgehend von dem Ziel entwickelt, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 um 60% verglichen mit 1990 zu

reduzieren. Auch dieser Ansatz erlaubt Trendbrüche. Zwei alternative Visionen wurden entwickelt, welche jeweils einen bestimmten Maßnahmen-Fokus beinhalten: Eine neue Marktwirtschaft („New Market Economy“) gegenüber einer intelligenten Gesellschaftspolitik/Sozialpolitik („Smart Social Policy“). Innerhalb der *New Market Economy* ist das Ziel, das CO₂-Emissionsziel mit einem Minimum an Verhaltensänderungen zu erreichen durch einen Fokus auf Technologie. Innerhalb der *Smart Social Policy* spielen dagegen Verhaltensänderungen die zentrale Rolle. Mit den Zukunftsbildern werden umfassend und anschaulich die Schlüsselfelder beschrieben, welche gesellschaftliche Mobilität beeinflussen. Veränderungen der demographischen und sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen werden dabei als Kontext für beide Visionen in gleicher Weise berücksichtigt, unterschiedliche Annahmen werden nur bei wenigen Ausnahmen getroffen.

Hickman und Banister [7] entwickeln mit diesen Zukunftsbildern anschauliche und umfassende Visionen von Verkehrssystemen, welche die gesetzten CO₂-Emissionsziele erfüllen - entweder durch einen technologischen Wandel oder durch Verhaltensänderungen. Insbesondere die Smart Social Policy-Vision ist dabei explizit auch auf eine Verbesserung der Lebensqualität ausgerichtet und damit geeignet, eine Motivationswirkung auf die Gesellschaft auszuüben. Die New Market Economy schneidet dagegen besser in Hinblick auf ökonomische Faktoren ab. Beide Visionen punkten somit auf wesentlichen, jedoch unterschiedlichen Komponenten eines nachhaltigen Verkehrssystems, welches sowohl die ökologische als auch die ökonomische und soziale Dimension berücksichtigen muss. Ein nachhaltiges Verkehrssystem ist aber auch nicht explizit der Inhalt dieser Visionen.

Für die Entwicklung einer motivierenden Vision eines explizit nachhaltigen Verkehrssystems erscheint es also notwendig, das Potential eines technologischen Wandels und von Verhaltensänderungen zusammenzuführen und sowohl Ökologie, Wirtschaftlichkeit sowie Lebensqualität zu gewährleisten und die Veränderungen anschaulich und umfassend zu beschreiben.

3 Vision nachhaltiger Verkehr – Definition und Ziel

Mit der Rio-Konferenz der Vereinten Nationen in 1992 wurde das Konzept der Nachhaltigkeit in die politische und gesellschaftliche Debatte eingeführt. Grundsätzlich sollen die Bedürfnisse der heutigen Generationen befriedigt werden, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen einzuschränken, ihre Bedürfnisse befriedigen zu können. Dabei sind für eine nachhaltige Entwicklung sowohl die ökologische als auch die ökonomische und soziale Dimension relevant.

Überträgt man diese abstrakte Definition auf den Verkehr, liest sich das ungefähr so: die Mobilitätsbedürfnisse heutiger und zukünftiger Generationen sollen umweltfreundlich befriedigt werden, Mobilität soll für jeden verfügbar und erschwinglich sein und volkswirtschaftlich effizient organisiert sein. Diese Ziele lassen sich zumindest teilweise operationalisieren, z.B. als Ziele, bis 2050 eine Reduktion der Treibhausgase aus dem Verkehr um 80% oder Null-Verkehrstote bis zum Jahr 2030 zu erreichen.

In unserer Vision für nachhaltigen Verkehr im Jahre 2050 haben wir darauf verzichtet, quantitative Ziele für die Erreichung von Nachhaltigkeit zu definieren, wie wir auch in diesem Projekt noch nicht auf die notwendige Entwicklung dort hin, d.h. auf notwendige Maßnahmen eingehen. Ziel war, die Entwicklung einer aus unserer Sicht realisierbaren, normativen und anschaulichen Vision für nachhaltigen Verkehr in Deutschland; normativ, weil wir das Ziel Nachhaltigkeit anstreben wie oben abstrakt beschrieben, und anschaulich, weil die Vision die notwendigen und möglichen Veränderungen vorstellbar machen und Motivations- und Anziehungskraft ausüben soll. Allerdings geben uns die in Gesellschaft und Wissenschaft vielfach quantitativ diskutierten Ziele, Rahmenbedingungen und Optionen einer nachhaltigen Entwicklung die Richtung für die Vision vor und wir greifen allgemein anerkannte und umfassende Konzepte auf.

Ein prominentes, anschauliches und weitgehend anerkanntes Konzept ist z.B. die 2000-Watt-Gesellschaft, ein energiepolitisches Modell, das im Rahmen des Programms Novatlantis an der ETH Zürich entwickelt wurde [9]. Gemäß dieser Vision sollte der weltweite Energiebedarf pro Person bis 2100 einer durchschnittlichen Leistung von 2000 Watt entsprechen, um nachhaltig zu sein. Wir schätzen den Anteil, welcher dabei durchschnittlich für eine nachhaltige Mobilität zur Verfügung steht, auf rund ein Viertel bis ein Drittel.

Verfeinert man solche Ziele und Konzepte für den Personen- und Güterverkehr, so entsteht ein Bild eines integrierten Verkehrssystems, welches die menschl-

chen Mobilitätsbedürfnisse umweltschonend, energieeffizient und gleichzeitig komfortabel und mit einer Vielzahl an Optionen möglichst kostengünstig befriedigt, ohne den menschlichen Lebensraum negativ zu belasten. Dazu gehört auch, dass der weitere Flächenverbrauch für den Verkehr gestoppt wird, der Personenverkehr absolut einen Faktor 4 bei Energie- und Klimaeffizienz und der Güterverkehr mindestens einen Faktor 2 schafft. Der Güterverkehr ist zuverlässig und flexibel anpassbar an neue Produktions- und Handelskonzepte. Insgesamt wird der Verkehr leiser und im urbanen Raum auch weniger sichtbar, Schadstoffemissionen spielen keine Rolle mehr.

In diesem Zusammenhang zeigen Studien, dass ein solchermaßen nachhaltiger Verkehr nur durch parallele Entwicklung und Anwendung neuer Technologien und durch Verhaltensänderungen erreichbar ist [10]; [11] (vgl. auch Abschnitt 2.2). Eine Vision, welche die Menschen mitnehmen soll, neue Technologien zu nutzen sowie ihr Verhalten in Richtung Nachhaltigkeit zu ändern, muss einen starken Motivationsimpuls haben und Lebensqualität vermitteln.

Nachhaltiger Verkehr lässt sich schließlich sicher nicht mit einem Trendszenario, d.h. mit einer Fortführung bisheriger und aktueller Trends erreichen. Zudem zeigt die Vergangenheit, dass Trendbrüche immer wieder aufgetreten sind und mit ihnen auch zukünftig gerechnet werden muss und kann, sei es aufgrund veränderter Rahmenbedingungen, gezielt eingesetzter Maßnahmen oder aufgrund der Komplexität gesellschaftlicher Entwicklungen, welche ein lineares Fortschreiben beobachteter Trends in Frage stellen. Die Erwartung von wichtigen Trendbrüchen in den nächsten Dekaden wird auch durch Experten in Szenario- und Foresight-Projekten bestätigt [12]. Trendbrüche werden also zu einer Vision für einen nachhaltigen Verkehr in Deutschland gehören. Diese können sowohl bei den Rahmenbedingungen wirksam werden, wie bei der Verknappung fossiler Energieressourcen, oder als Durchbrüche bei neuen Technologien wie der Lithium-Ionen Batterie. Aber auch bei gesellschaftlichen Werten und Verhaltensweisen, sind solche Trendbrüche denkbar, wie z.B. ein Wechsel vom Besitz privater PKW zu nutzungsorientierten Konzepten oder ein Bedeutungswandel des Automobils vom Statussymbol zum Gebrauchsgegenstand.

4 Methodisches Vorgehen

Zur Entwicklung der Vision eines nachhaltigen Verkehrs wurde ein Team bestehend aus wissenschaftlichen Mitarbeitern des Fraunhofer ISI, insbesondere des Geschäftsfeldes Verkehrssysteme zusammengestellt, welche über eine breite Expertise zum Thema Verkehr verfügen und verschiedene wissenschaftliche Perspektiven bzw. Disziplinen zusammenbringen (Wirtschaftsingenieurwesen, Volkswirtschaft, Raum- und Verkehrsplanung, Schiffsbau und Psychologie). Externe Akteure und Interessensgruppen wurden bewusst nicht eingebunden, um die freie Entwicklung einer Vision nicht durch individuelle Interessen einzuschränken. Vorgesehen ist, die in diesem Projekt entwickelte Vision in weiteren Schritten mit externen Experten, Akteuren und Vertretern relevanter Interessensgruppen zu diskutieren.

Die Vorgehensweise innerhalb des Projektes gliedert sich in folgende Arbeitsschritte, dessen zentrales Element ein interner Workshop darstellt. Zunächst wurde vom Kernteam des Projektes der Rahmen festgelegt, der für die entwickelte Vision gelten soll. Dabei wurden die relevanten sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen identifiziert und ein Konsens zu deren realistischer Entwicklung hergestellt (vgl. Abschnitt 5). Parallel erfolgte eine Zusammenstellung und Sichtung der relevanten Literatur, insbesondere wichtiger Visions- und Szenarioprojekte zum Thema zukünftige Mobilität (s. dazu Abschnitte 2.2 und 11). Dadurch ist gewährleistet, dass die Vision bestehende relevante Erkenntnisse und Visionen bzw. Szenarien berücksichtigt und einbezieht oder gegebenenfalls explizit und begründet davon abweicht. Auch die laufenden und abgeschlossenen eigenen Vorarbeiten (u.a. [10]; [12]; [13]; [14]) bilden die Grundlage für die zu entwickelnde Vision.

In einem nächsten Schritt wurden von den Mitgliedern des Kernteams individuell fünf Visionen entwickelt, welche als Input für den Workshop dienten. Der Rahmen für diese Visionen bestand zum einen in den vereinbarten Rahmenbedingungen. Zum anderen dienten die in Abschnitt 3 formulierte Definition sowie die Ziele der angestrebten Vision als Vorgabe. Die Beschreibung notwendiger Maßnahmen zur Umsetzung der Vision wurde bewusst ausgeklammert aus diesem Prozess, um die Entwicklung einer realistischen, aber durchaus ehrgeizigen Vision nicht einzuschränken durch implizite Annahmen über die Umsetzbarkeit von Maßnahmen. Die Ausarbeitung von Entwicklungspfaden, insbesondere von Maßnahmenpaketen zur Erreichung der nachhaltigen Vision ist als Folgeprojekt vorgesehen. Die individuellen Visionen des Kernteams wurden im Rahmen eines zweitägigen Workshops vorgestellt und dort mit einem Dutzend

Wissenschaftlern des Fraunhofer ISI diskutiert und zu einer gemeinsamen konsensfähigen Vision weiterentwickelt. Die Nachbereitung und weitere Ausarbeitung und Aufbereitung der entwickelten Vision erfolgte wiederum im Kernteam.

Ein zentrales Element von VIVER war schließlich das Ziel, eine anschauliche und motivierende Vision für nachhaltigen Verkehr zu entwerfen. Die Anschaulichkeit und Motivationskraft sollte neben einer anschaulichen und beispielhaften Beschreibung auch durch eine bildliche bzw. graphische Visualisierung der Vision gewährleistet werden. Dazu wurde in Zusammenarbeit mit der Designerin Judith Kozinski in zwei Arbeitsphasen ein Konzept erarbeitet (Phase 1) und umgesetzt (Phase 2).

Das Ergebnis des gesamten Prozesses ist in diesem Arbeitspapier dokumentiert.

5 Rahmen der Vision VIVER - Basisannahmen

Der Rahmen der Vision besteht aus zwei Elementen: (1) den Abgrenzungselementen und (2) den Basisannahmen in den wichtigsten Rahmenbedingungen (im Folgenden benannt als Mega-Trends). Diese Elemente werden im Folgenden beschrieben.

5.1 Abgrenzung

Die Vision für nachhaltigen Verkehr wird für Deutschland im Jahre 2050 entwickelt. Sie soll aber innerhalb Europas übertragbar sein und auch in anderen Weltregionen realisierbar sein, zumindest in Teilaspekten – in den Entwicklungs- und Schwellenländern dabei auf direkterem Wege als in den Industrieländern, d.h. z.B. ohne Umweg über eine privatisierte Massenmobilität. Neben dem Zeithorizont 2050 wird soweit möglich und sinnvoll als Stützperiode 2025 +/- 5 Jahre betrachtet. Sowohl der Personen- als auch der Güterverkehr werden in die Vision mit einbezogen. Bei der Darstellung der Vision steht die Anschaulichkeit im Vordergrund, während der Detaillierungsgrad niedrig ist. Ausgewählte konkrete Umsetzungsbeispiele werden als erste Ansätze (Weak-Signals) und zur Illustration der Vision einbezogen.

5.2 Mega-Trend 1: Demografie – abnehmende Bevölkerung

Für unsere Annahmen zur demografischen Entwicklung spielen zwei Trends eine entscheidende Rolle, zum einen eine leicht steigende Geburtenrate durch aktive Familienförderungs politik, die aber das Schrumpfen der Bevölkerung nicht verhindern kann, zum anderen eine zunehmende Alterung der Bevölkerung durch eine weiter steigende Lebenserwartung. Wir nehmen allerdings einen geringeren Anstieg der Lebenserwartung als viele andere Studien an, da unserer Erwartung nach ungesunde Lebensstile in Teilen der Bevölkerung weiter bestehen werden und sich die Leistungen des Gesundheitssystems nicht linear weiter verbessern lassen. Bis 2050 erwarten wir somit einen deutlichen Rückgang der Bevölkerung in Deutschland auf 70 bis 74 Millionen Personen von heute rund 82 Millionen. Diese Abnahme findet trotz einem angenommenen jährlichen positiven Migrationssaldo von rund 100.000 Menschen statt. Dieser setzt bereits eine aktive Einwanderungspolitik für Deutschland voraus.

5.3 Mega-Trend 2: BIP- und Einkommenswachstum nur moderat

Es wird davon ausgegangen, dass sich Deutschland von der Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009 erholt und in den anschließenden Jahren wieder Wirtschaftswachstum erzielt wird. Allerdings werden die durchschnittlichen Wachstumsraten mit 1 bis 1,5% niedriger als in der Vergangenheit sein. Auch wenn hier von durchschnittlichen Wachstumsraten gesprochen wird, gehen wir auch in Zukunft von der Existenz von Konjunkturzyklen aus, so dass in einzelnen Jahren deutlich höheres Wachstum möglich ist, während in anderen Jahren auch wieder mit Null- oder Minus-Wachstum zu rechnen sein wird. Die höchsten Wachstumsraten werden in den Jahren nach der Krise erwartet, etwa bis 2015, getrieben durch die staatliche Konjunkturpolitik und die anziehende Weltkonjunktur, während sich anschließend mittel- und langfristig dämpfende Effekte durchsetzen.

Diese lassen sich auf mehrere Faktoren zurückführen. Zum einen dämpft die schrumpfende Bevölkerung das Wachstum, insbesondere, da die Bevölkerung im arbeitsfähigen Alter schneller zurückgeht als die Gesamtbevölkerung. Zum anderen wirken sich die zur Bekämpfung der Wirtschafts- und Finanzkrise aufgenommenen Schulden nachteilig auf das Wachstum aus. Sie erhöhen das Zinsniveau, schränken den Spielraum des Staates auf der Ausgabenseite ein und können die Erhöhung von Steuern zur Zurückführung der Schulden erforderlich machen. Außerdem ist mit einem weiteren Anstieg der Rohstoffpreise zu rechnen, der durch die zunehmende Nachfrage aus den Schwellenländern (insbesondere China und Indien) und aus den Produzentenländern selbst verursacht wird. Es kann zwar davon ausgegangen werden, dass solche Verknappungen zusammen mit den Erfordernissen des Klimaschutzes Innovationschübe und damit einhergehend auch Wachstumsschübe auslösen können (Stichwort „Green New Deal“); dies wird aber nicht auf alle knappen Rohstoffe zutreffen bzw. wird die (weitere) Verknappung bei manchen Rohstoffen vermutlich so schnell gehen, dass entsprechende Alternativen nicht schnell genug entwickelt und in Innovationen umgesetzt werden können.

Entsprechend setzt Deutschland weiterhin auf die Entwicklung seines wettbewerbsfähigen Industriesektors, der auch die erforderlichen Innovationen hervorbringt, sowie auf einen moderat wachsenden Dienstleistungssektor, insbesondere im Bereich der höherwertigen Dienstleistungen. Für Landwirtschaft, Bau- und Handelssektor wird eher mit Stagnation oder Schrumpfung gerechnet.

Eine wichtige Rolle für die zukünftige Mobilität spielt auch die Einkommensverteilung. Das verfügbare Einkommen für Mobilität differiert stark zwischen den verschiedenen Einkommensgruppen. Beispielsweise differieren die absoluten Ausgaben für Mobilität um den Faktor 7 zwischen Haushalten der niedrigsten Einkommensklasse (<900 € verfügbares Einkommen) und der höchsten Klasse (>3600 € verfügbares Einkommen) [15]. Die damit verbundenen Verkehrsleistungen zeigen eine ähnliche Spannweite. In den letzten Jahren wurde die Einkommensverteilung in Deutschland immer ungleicher, d.h. die Zahl der Menschen in den niedrigen Einkommensklassen hat zugenommen und damit auch die Zahl der Menschen mit geringen Verkehrsleistungen. Ein weiteres Auseinandergehen der Einkommensschere würde zur Stagnation oder sogar zu einem Rückgang im Personenverkehr beitragen. Wir gehen allerdings davon aus, dass Maßnahmen ergriffen werden, die ein weiteres Auseinanderdriften der Einkommensklassen verhindern. Letztlich bedeutet dies, dass die unteren Klassen zu Lasten der oberen Einkommensklassen gestützt werden.

In diesem Zusammenhang ist aber auch auf die zu erwartende Zunahme der Verkehrskosten z.B. durch steigende Energiekosten aber auch teurere Infrastruktur- und Nutzungskosten hinzuweisen. Der relative Anstieg der Verkehrskosten wird bei den Gruppen mit niedrigem Einkommen am höchsten sein und dort die Verkehrsnachfrage am stärksten dämpfen.

5.4 Mega-Trend 3: Soziale Sicherung und Rente stabil

Es wird angenommen, dass das System zur sozialen Sicherung in Deutschland, insbesondere die Kranken-, Arbeitslosen- und Rentenversicherungssysteme weiter intakt bleiben, d.h. weiter signifikant zur sozialen Sicherung der Bevölkerung beitragen werden. Dies unterstellt einen kontinuierlichen Reformprozess, der die entsprechenden Systeme an die sich wandelnden Bedingungen (z.B. alternde Bevölkerung, starke Akkumulation ökonomischen Potentials bei kleiner Bevölkerungsgruppe) anpasst. Insbesondere wenn ein Beschäftigungsanstieg realisiert wird, nehmen wir an, dass bei konstantem Sparverhalten zwei Drittel der Haushalte in 2050 inflationsbereinigt ein um rund 20% höheres Rentenniveau erreichen, jedoch ein Drittel der Haushalte die Rentenlücke nicht vollständig oder überhaupt nicht decken kann. Entsprechend sind bei diesen Haushalten auch die verfügbaren Budgets für Mobilität sehr begrenzt.

5.5 Mega-Trend 4: Außenhandel und Logistik verlangsamt

Es wird angenommen, dass sich die Globalisierung auch in Zukunft weiter fortsetzt, allerdings mit verringertem Tempo. Damit wachsen auch die Handelsströme langsamer als in der Vergangenheit. Für Deutschland und Europa gehen wir davon aus, dass die Ost-West-Achsen gegenüber den Nord-Süd-Achsen weiter an Bedeutung gewinnen.

Zum Teil zeigt sich eine Rückverlagerung der Produktion nach Deutschland bzw. Europa, da verlagerungsmotivierende Einsparpotenziale in anderen Ländern nicht realisiert werden konnten, z.B. aufgrund mangelnder Qualifikation oder schwindender Lohnvorteile.

5.6 Mega-Trend 5: Einfluss des Klimawandels langsam spürbar

Mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit wird der Einfluss des Klimawandels bis 2050 zunehmend spürbar. Extremwetterereignisse wie Stürme, Dürren, Überflutungen oder Hitzeperioden häufen sich und wirken sich auch auf das Verkehrssystem aus. Dies führt zu Einschränkungen in der Verfügbarkeit des Verkehrssystems beispielweise durch Niedrigwasser in der Binnenschifffahrt oder durch Sturmereignisse in der Luftfahrt. Zunehmend können auch Teile der Infrastruktur z.B. durch Überflutungen temporär unbrauchbar werden. Wir erwarten aber, dass durch Anpassungsmaßnahmen die Effekte auf die Mobilität bis 2050 gering gehalten werden können.

Es wird angenommen, dass sich aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels die touristischen Ströme massiv verlagern. Ferien am Mittelmeer werden immer unattraktiver, während die nördlicheren Küsten inklusive der deutschen Nord- und Ostseeküste an Attraktivität zulegen. In den Alpen dominiert der Sommer gegenüber dem Wintertourismus.

Wir erwarten, dass Deutschland und die EU nach 2010 eine ambitionierte Klimaschutzpolitik verfolgen, die auch im globalen Maßstab unterstützt wird. Alle externen Kosten des Verkehrs werden bis 2050 bei allen Verkehrsträgern vollständig internalisiert, so auch die Klimaauswirkungen durch Einbindung aller Verkehrsträger in den europäischen Emissionshandel. Durch eine verschärfte Zuteilungspolitik der Zertifikate pro Sektor steigt deren Preis bis 2050 auf über 200 Euro/t. Trotzdem kann die Klimapolitik zumindest bis 2035 auf die Entwicklung des Klimawandels keinen Einfluss mehr nehmen. Die Trägheit des globa-

len Klimasystems ist so massiv, dass bis dahin der Anstieg der globalen Temperaturen unbeeinflusst von heutigen Maßnahmen ablaufen wird.

5.7 Mega-Trend 6: Verknappung fossiler Energien

Nach unseren Erwartungen wird physische, individuelle Mobilität mit zunehmender Knappheit fossiler Brennstoffe und steigender weltweiter Energienachfrage zunächst bis ins Jahr 2025 dramatisch teurer. Insbesondere die Energiekosten für importierte Brennstoffe steigen deutlich bis 2025. Stark schwankende Rohölpreise mit Preisspitzen bis über 250 US-Dollar pro Barrel in heutigen Preisen werden nach unserer Einschätzung bis 2025 die Regel sein. Neu entdeckte Vorkommen werden nur noch schwer erreichbar sein (in der Tiefsee bzw. Arktis), was die Verteuerung von Energie und Mobilität auf der Angebotsseite zusätzlich verstärkt. Der Anstieg der Energiepreise und aktive Klimapolitik bilden die Treiber für eine forcierte Durchdringung der Energieerzeugung mit erneuerbaren Energien bis 2050. Insbesondere der Stromsektor ist bis 2050 nahezu vollständig auf erneuerbare Energien umgestellt.

5.8 Mega-Trend 7: Wirtschaftsordnung und Staatsverständnis

Wir erwarten, dass private Initiative und Liberalisierung von Märkten weiter die Wirtschaftsordnung prägen werden. Die Phase der *Liberalisierung um jeden Preis* mit dem Ziel des schlanken Staates, der nur noch auf die Aufgaben der Verteidigung und sozialen Sicherung reduziert wird, dürfte aber mit der Wirtschaftskrise 2008/2009 beendet sein. Zukünftig gibt ein starker Staat klare Regeln für die Märkte vor, die durch entsprechende nationale bzw. supranationale Regulierungsbehörden in ihrer Umsetzung und Einhaltung kontrolliert werden. Angesichts der Möglichkeiten neuer Kommunikationstechnologien und -formen erwarten wir, dass zivilgesellschaftliche Initiativen ihre Aktivitäten durch bessere Vernetzung, Koordination und Kommunikation verbessern können und so einen größeren Einfluss auf die Märkte erlangen und dadurch die Wünsche und Forderungen verantwortungsbewusster Konsumenten besser einbringen können.

5.9 Visualisierung der Mega-Trends

Die Vision für nachhaltigen Verkehr in Deutschland in VIVER wird unterstützt durch eine Visualisierung auf zwei Ebenen. Auf der Ebene der *Mega-Trends* (auch Basisannahmen) und *Schlüsselfelder* wurde eine Darstellung mittels Pik-

togrammen gewählt, die zum einen ein schnelles Erfassen der relevanten Rahmenbedingungen und Schlüsselfelder ermöglichen sollen und gleichzeitig die angenommenen Trends und Entwicklungen andeuten. So symbolisiert z.B. die flache Kurve der BIP-Entwicklung ein Nachlassen des Wachstums, der Eisbär auf der treibenden Eisscholle den Klimawandel oder der Rennwagen auf Schneckenrädern Entschleunigung (siehe Abbildung 3).

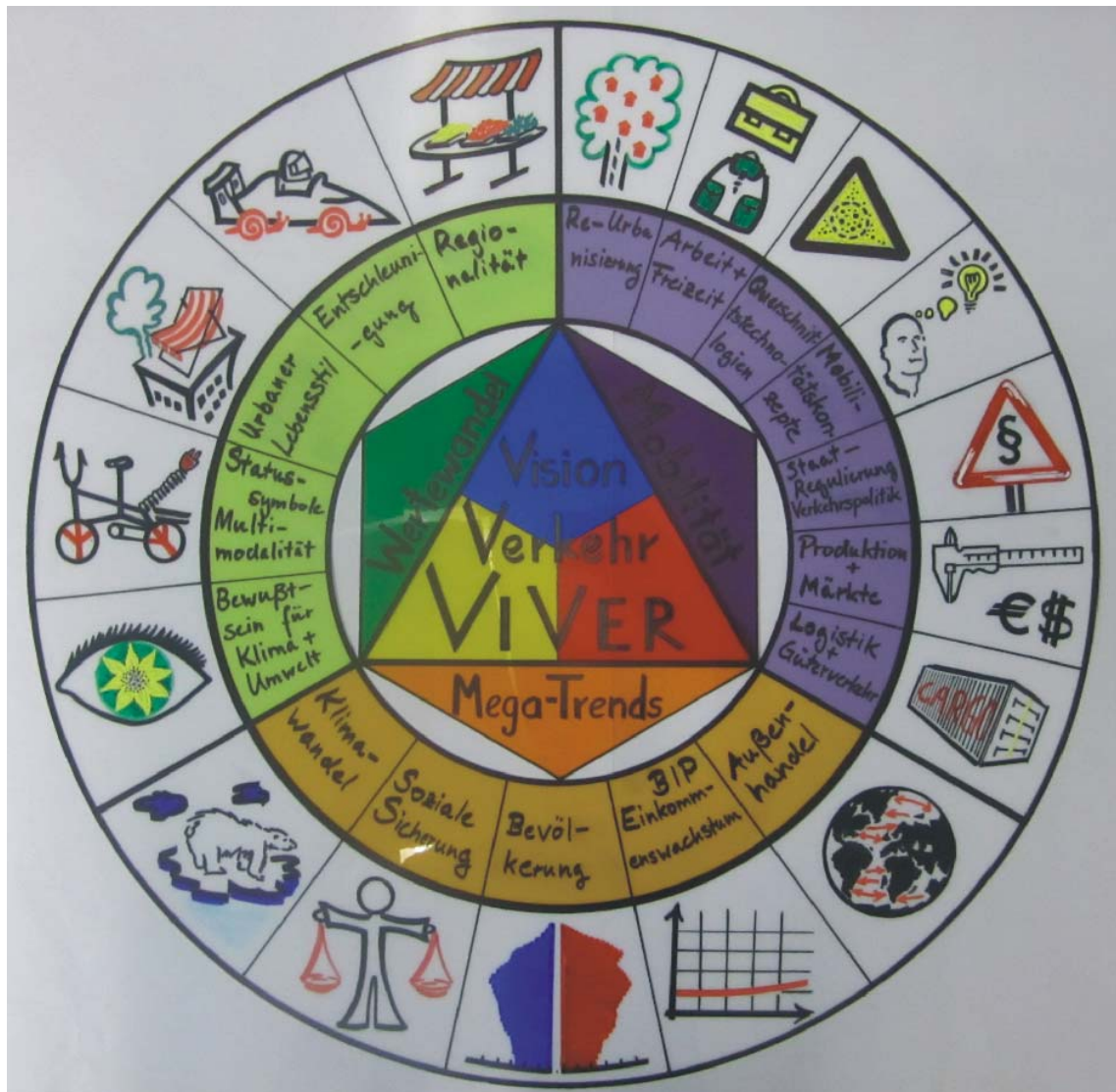


Abbildung 3: Piktogramme zur Visualisierung der Mega-Trends und Schlüsselfelder der Vision VIVER [16].

6 Schlüsselfelder

Für die Entwicklung hin zu einer nachhaltigen Mobilität spielen Entwicklungen in verschiedenen zentralen Bereichen und insbesondere deren Zusammenspiel eine entscheidende Rolle. Im Folgenden werden die identifizierten Schlüsselfelder als Bestandteil einer Vision nachhaltiger Mobilität für das Jahr 2050 beschrieben. Dabei wird *als Perspektive eine Sicht aus dem Jahre 2050* eingenommen, um die Vision möglichst anschaulich werden zu lassen.

6.1 Werte

Als Werte, welche entscheidend zur Entwicklung einer nachhaltigen Mobilität beitragen, werden im Folgenden die Wertebereiche Klimaschutz und Nachhaltigkeit, urbaner Lebensstil, Multimodalität, Entschleunigung sowie Regionalität beschrieben.

Klimaschutz und Nachhaltigkeit

Seit 2010 haben neue wissenschaftliche Erkenntnisse über Rückkoppelungseffekte bei der globalen Erwärmung und die verstärkten und zunehmend konsequenteren Reduktionsbemühungen der Staatengemeinschaft in der Bevölkerung Deutschlands zu einer bewussteren Wahrnehmung des eigenen Beitrages zum Klimawandel, zu einer zunehmenden Bereitschaft zu entsprechenden Verhaltensveränderungen und einer großen Akzeptanz von Klimaschutzmaßnahmen geführt. Im Jahre 2050 ist generell das allgemeine Umweltbewusstsein gestiegen. Beigetragen hat dazu auch, dass Umweltschutz und Nachhaltigkeit in den Schulen umfassend durch die Lehrpläne verankert ist und anschaulich und anwendungsorientiert unterrichtet werden, so dass Generationen mit steigendem Umweltbewusstsein und entsprechend gewandeltem Verhalten heranwachsen. In Fahrschulen wird konsequent effizientes Fahrverhalten vermittelt, dessen Umsetzung durch Fahrerassistenzsysteme und das Verkehrsmanagement in den Städten (Nutzergebühren, Ampelschaltungen etc.) unterstützt wird.

Urbaner Lebensstil

Die Nachteile des suburbanen Lebens sind seit 2010 immer deutlicher zu Tage getreten, besonders hinsichtlich der gestiegenen Kosten des Verkehrs sowie des Zeitverbrauchs. 2050 wird es als bedeutender Bestandteil der Lebensqualität angesehen, seine alltäglichen Bedürfnisse zu erfüllen und mobil zu sein, ohne viel motorisierten Verkehr zu verursachen. Zu Fuß gehen und Rad fahren

gehört zum Lebensstil einer immer mehr auf Gesundheit und nachhaltige Lebensqualität ausgerichteten Bevölkerung. Vielfältigen Begegnungsmöglichkeiten und einer guten Erreichbarkeit von Arbeit, Einkaufsmöglichkeiten und Freizeitbeschäftigungen wird bei der persönlichen Wohnortentscheidung ein hoher Stellenwert beigemessen.

Multimodalität

Bei der Verkehrsmittelwahl haben seit 2010 neben emotionalen Faktoren zunehmend Nutzen- und Kostenerwägungen sowie Gesundheitsaspekte an Bedeutung gewonnen. Dazu hat auch der Generationenwechsel beigetragen: Bei den seit 1980 Geborenen hat das Auto seinen mentalen Bedeutungsüberschuss gegenüber anderen Verkehrsmitteln eingebüßt, sie haben eine andere Beziehung zum Auto und sehen dieses im Gegensatz zu den Vorgängergenerationen nicht als Symbol für Freiheit und ökonomischen Erfolg, sondern als eine Verkehrsoption unter anderen. Eine wachsende Zahl von Autofahrern nutzt das Auto 2050 eher pragmatisch und rationell, auch bedingt durch die deutlich gestiegenen Kosten der Mobilität. Schwere, ineffiziente Fahrzeuge erfahren bei der Bevölkerung wenig Ansehen. In urbanen Regionen hat die Verbesserung des ÖPNV- und des Fahrrad- und Fußwege-Netzes in Kombination mit priorisierter Vorfahrt an vielen Knotenpunkten die Attraktivität des Autos und die Notwendigkeit, das Auto für kürzere Distanzen zu nutzen, weiter reduziert. Die meisten Menschen wählen also die Verkehrsmittel, die für ihren Fahrtzweck z.B. unter Größen- und Effizienzaspekten adäquat sind.

Ein Trend zum Nutzen-statt-Besitzen hat insbesondere in urbanen Regionen stattgefunden, da vermehrt die Vorteile (Kosten-/Nutzenoptimierung, Entlastung von Wartungs- und Reparaturarbeiten, Nachhaltigkeitsaspekte, Flexibilität durch kontinuierliche Wahlmöglichkeiten) erkannt und attraktive und auf die Kunden angepasste Angebote geschaffen wurden. Nutzungsorientierte Konzepte wie Car-Sharing, Car2Go und Bike-Sharing, zu denen es bereits vielversprechende Ansätze Anfang des 21. Jahrhunderts gab [17]; [18]; [19], haben einen beispiellosen Erfolg innerhalb deutscher Städte gefeiert. Abbildung 4 zeigt verschiedene Varianten von Verkehrsmittel-Sharing-Systemen anhand entsprechender Sharing-Stationen für Bike-Sharing, Segway-Sharing und Car-Sharing für Elektroautos. Symbolisch wird durch den Kompass in der Visualisierung das Tool dargestellt, das den Umstieg zwischen den verschiedenen Verkehrsmitteln barrierefrei und vollinformiert ermöglicht. 2050 sind solche Sharing-Systeme somit barrierefrei mit dem ÖV verknüpft worden. Integrierte, standardisierte Bu-

chungs- und Abrechnungssysteme mit Pre-paid-Funktion oder monatlicher Rechnung ermöglichen eine One-Stop-Shop-Nutzung.



Abbildung 4: Ausschnitt aus der Visualisierung der Vision VIVER zur Symbolisierung des barrierefreien und komfortablen Umstiegs zwischen verschiedenen urbanen Sharing-Verkehrsmitteln [16].

Diese Entwicklungen haben Spielräume für mehr multimodale Angebote eröffnet. Das Leitbild der Multimodalität, welche individuell gestaltet werden kann, hat aber auch emotional an Attraktivität gewonnen und entspricht dem Lebensstil insbesondere der urbanen Bevölkerung. Fahrräder und hocheffiziente, leichte Elektromobile sind die neuen Statussymbole der städtischen Bevölkerung. Sie symbolisieren Unabhängigkeit, eine sportliche Lebensweise und Rücksichtnahme auf knappe Ressourcen.

Entschleunigung

Unterstützt durch Verbesserung und Optimierung der Verkehrssysteme wie auch gestiegene Mobilitätskosten und zwischenzeitliche Engpässe hat ein Trend zur Entschleunigung stattgefunden. Insgesamt erkennen viele Deutsche die Steigerung der Lebensqualität durch kürzere Wege und die dadurch gewonnene zusätzliche Freizeit und Flexibilität und versuchen im Jahr 2050 längere, motorisierte Wege zu vermeiden. Insbesondere von der Bevölkerung über 60 wird ein etwas langsamerer Lebensstil nach einem insgesamt „bewegten

Leben“ geschätzt. Auf allen Distanzen sind die Qualität des Weges und die Reduzierung von Stress wichtiger geworden als reine Schnelligkeit.

Tägliche kurze Distanzen können durch eine bessere Verknüpfung der verschiedenen Verkehrsmittel untereinander unkompliziert und ohne große Zeitverluste multimodal zurückgelegt werden. Der ÖPNV ist altersgerecht und zunehmend barrierefrei gestaltet worden durch gesteigerten Komfort und einfaches Handling. Auch durch eine immer bessere Vernetzung durch moderne Kommunikationstechnologien, welche Wege reduzieren hilft, hat eine Entschleunigung des Alltagslebens und -erlebens stattgefunden. Diese Werthaltung wird auch durch ein starkes Gesundheitsbewusstsein gefördert; Laufen und Fahrradfahren haben ein positives Image und werden von fast jedem für Mobilitätszwecke betrieben.

Die Geschwindigkeiten der Verkehrsmittel sind inzwischen unter Berücksichtigung des Energieverbrauchs optimiert. So sind Hochgeschwindigkeitsstrecken der Bahn ausgebaut worden, aber die maximalen Geschwindigkeiten überschreiten nicht die Marke von 300 km/h. Ein großer Anteil der Flugreisen auf Kurz- und Mittelstrecken ist aus Kostengründen sowie aufgrund eines gestiegenen Klimabewusstseins durch Bahnreisen ersetzt worden. Europaweit einheitlich wurden die Geschwindigkeiten auf Tempo 120 km/h auf Autobahnen, Tempo 80 auf Landstraßen, Tempo 70 in Alleen und Tempo 30 in der Stadt begrenzt. Die Akzeptanz in der Bevölkerung ist groß, da sie zum einen den Zugewinn an Sicherheit und Lebensqualität unmittelbar erlebt und zum anderen so auch eine zuverlässige Mobilität bezahlbar bleibt.

Regionalität

Regionalität ist wieder ein wichtiger, emotionsbehafteter Wert und ein Markenzeichen für Tourismus und Konsum geworden, unterstützt durch zunehmendes Qualitäts- und Umweltbewusstsein, aktives Marketing und Maßnahmen zur Attraktivitätssteigerung und nicht zuletzt durch den gestiegenen Kostendruck im Verkehr. Die Wiederentdeckung der Langsamkeit, z.B. in Form einer entspannten Anreise oder autofreier Urlaubsorte, unterstützt diesen Trend zusätzlich. Auch lokales Engagement und nachbarschaftliche Hilfe werden wieder wichtiger. Abbildung 5 zeigt Illustrationen aus Kampagnen zur Vermarktung regionaler Produkte bzw. Dienstleistungen und zur Förderung des autofreien Tourismus aus Deutschland und der Schweiz, welche um 2010 herum durchgeführt wurden.



Abbildung 5: Marketing für regionale Produkte bzw. Dienstleistungen. Links: Kampagne „Kurz nah weg: Urlaub in Deutschland“ (2008) [21]. Mitte: Label für Produkte, welche zu 100% von regionalen Produzenten hergestellt werden [22]. Rechts: Logo der Gemeinschaft autofreier Schweizer Tourismusorte [23].

6.2 Raumplanung – Stadt und Land

Um den zusätzlichen Flächenverbrauch deutlich zurückzufahren, wurde nach 2010 die Gesetzeslage im Baurecht deutlich verschärft: Zusätzliche Flächenumwandlung in Siedlungs- und Verkehrsfläche wird im Regelfall nur noch dann zugelassen, wenn an anderer Stelle Fläche wieder entsiegelt wird (Rückbaumaßnahmen leer stehender Gebäude, Ersatz von Asphalt und Beton durch Rasengittersteine etc.). Dabei wurde die Rolle der Region zu Lasten des kommunalen Selbstverwaltungsrechts gestärkt, da sich der Flächenausgleich auf Ebene der Region leichter umsetzen lässt als auf Gemeindeebene. Aber auch informelle interkommunale Kooperation spielt eine immer größere Rolle: In 2050 findet in der Regel eine koordinierte räumliche Entwicklung von Städten und Gemeinden statt, häufig durch Verträge zum Ausgleich von Vor- und Nachteilen der ausgehandelten Lösungen. Die von Nachhaltigkeitsgedanken geprägten städtebaulichen Leitbilder der letzten Jahrzehnte, die Wege reduzieren und das Leben urbaner gestalten sollen, sind bis 2050 endlich weitgehend umgesetzt: Tatsächlich können die meisten Menschen dann ihren Arbeitsplatz bzw. andere Alltagsziele zu Fuß oder mit muskelbetriebenen Verkehrsmitteln (Fahrrad, Tretroller etc.) erreichen. Auf regionaler Ebene erfährt das raumordnerische Achsenkonzept (Ansiedlung von Entwicklungskernen entlang von Verkehrsachsen) eine Renaissance durch die zunehmende Bedeutung der Schienenachsen und durch den Boom der Siedlungsentwicklung an der Schiene (Transit Oriented Development).



Abbildung 6: Links: Illustration des Sonoma Mountain Village in der Nähe von San Francisco, eines rund 80 ha großen Wohngebietes, welches 100% nachhaltig entwickelt wird (Quelle: [24]). Rechts: Marktplatz, konsequente Dachbegrünung und urbane Multimodalität in der Visualisierung von VIVER [16].

Re-Urbanisierung und Green Suburbia

In vielen Städten ist die Lebensqualität durch nachhaltige Stadt- und Verkehrsplanung und mehr Grün im Stadtbild deutlich verbessert worden (siehe Abbildung 6). Bereits 2010 existieren vielversprechende Praxisbeispiele nachhaltiger Stadtplanung [25]; [26]; [27]; [28] (siehe auch Abbildung 7). Seit 2010 hat dadurch schrittweise eine Reurbanisierung stattgefunden; sowohl für Singles als auch für junge Familien und ältere Leute sind die aufgewerteten Städte zunehmend attraktiv geworden. Sie bieten eine Vielzahl an Angeboten wie Theater, Kinos, Ausgelmöglichkeiten, medizinische Versorgung und hochwertige Kinder- und Seniorenbetreuung, die in ländlichen Regionen deutlich reduziert wurden oder aber ganz fehlen. Innerstädtische Alternativen zum Einfamilienhaus erfahren große Beliebtheit aufgrund des geringeren Flächen- und Energieverbrauches, kürzerer Wege sowie der damit verbundenen Flexibilität und Unabhängigkeit und der insgesamt höheren Lebensqualität.

Die erfolgreichen Städte 2050 entsprechen dem Leitbild der Stadt der kurzen Wege mit gut erreichbaren Einkaufsmöglichkeiten, kulturellen und sozialen Einrichtungen und neuen gemischten Wohnformen mit geringerer Wohnfläche. In den Innenbereichen der Städte wohnen und arbeiten durch attraktive kompakte Siedlungsstrukturen (z.B. viergeschossige Bauweise, Gemeinschaftsgärten, attraktive Bebauung von Baulücken und Industriebrachen) auf der gleichen Grundfläche mehr Menschen.

Die Städte sind grün, lebenswert, fußgänger- und radfahrerfreundlich und fördern und ermöglichen vielfältige multimodale Mobilitätsmöglichkeiten. Attraktive Geh- und Radwegenetze sind eingerichtet und Rundumgrün-Ampeln in allen Städten eingeführt worden. Die ÖV-Haltestellen und Fahrgastinformationssysteme sind attraktiv gestaltet worden, Car-Sharing-Parkplätze und Radstationen gibt es an allen größeren Haltepunkten. Somit wird insgesamt weniger Platz für Autoparkplätze und Autoverkehr benötigt, so dass stattdessen vielerorts attraktive Ruhe- und Begegnungszonen geschaffen werden konnten. Der verbliebene motorisierte Stadtverkehr ist auf zentrale, oft unterirdische Achsen konzentriert und verflüssigt worden durch eine Verringerung und bessere Koordinierung der Ampeln, durch Ausschaltung wenig frequentierter Ampelanlagen in Nebenverkehrszeiten und durch Kreisverkehrsanlagen.



Abbildung 7: Erschließung des autofreien Stadtteils Vauban in Freiburg mit begrünten Schienenanlagen 2.5 km entfernt vom Stadtzentrum [29].

Schrumpfende Regionen

In den schrumpfenden Regionen und in den Randbezirken der Städte hat seit 2010, je nach örtlicher Situation, eine Umwidmung bzw. ein Rückbau von leer stehenden Gebäuden, Straßen und anderen infrastrukturellen Anlagen stattgefunden. „Zonen mit utopischem Potential“, d.h. Orte für soziale und gestalterische Experimente sind hier entstanden und wurden durch zusätzliche Freiheiten als Anreize gefördert, wie es Kil schon 2007 skizzierte []. Insgesamt vergrößert sich aber der Abstand zum vielfältigen Angebot der erfolgreichen urbanen Regionen.

Dank der zunehmenden Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) können 2050 auch in dörflichen Zentren eine ganze Reihe

von öffentlichen und privaten Dienstleistungen der Daseinsvorsorge erhalten und angeboten werden. Öffentliche und private Initiativen in Form von Nachbarschaftsläden und Einkaufsgemeinschaften zur Sicherung der Nahversorgung wurden schon 2010 in einer Reihe von Gemeinden im ländlichen Raum erfolgreich betrieben (das Dorfladen-Netzwerk führte am 01.09.2010 deutschlandweit 17 in privater oder öffentlicher Initiative geführte Dorfläden auf []). 2050 sind sie im ländlichen Raum weit verbreitet und gehen Hand in Hand mit neuen Internet-Dienstleistungen zur Daseinsvorsorge.

Somit hat insgesamt ein Trend zu einem urbaneren Lebensstil in besser durchmischten und an den öffentlichen Verkehr gut angebundenen Wohnsiedlungen stattgefunden und die alltäglichen Bedürfnisse können mit weniger Verkehrsleistung realisiert werden. Für Menschen, die bevorzugen in schrumpfenden Regionen wohnen zu bleiben bzw. die gezielt dorthin ziehen, bleiben eine angemessene Lebensqualität und die Erfüllung der täglichen Bedürfnisse gewährleistet.

6.3 Arbeit und Freizeit

Arbeitswelt

In der Arbeitswelt sind im Jahr 2050 viele Maßnahmen umfassend umgesetzt worden, welche in engagierten Institutionen und Betrieben schon 2010 zum Teil fest etabliert waren, um Verkehr zu vermeiden (wie z.B. Pendlerzimmer, Telearbeit, mobiles Arbeiten, Telefon- und Videokonferenzen, Mitfahrbörse), oder zu verlagern (wie z.B. Diensträder, Radwerkzeugkoffer, Jobticket, Umkleide- und Duschmöglichkeiten am Arbeitsplatz, Informationen zum öffentlichen Verkehr und zum Mobilitätsmanagement) (s. auch [30]).

Feste Zeit- und Raumsysteme sind weniger geworden. Die zu Beginn des 21. Jahrhunderts vorherrschenden Kernarbeitszeiten wurden zunehmend ersetzt durch individuelle Arbeitszeiten, die sich an den unterschiedlichen Lebensmodellen orientieren. Dadurch wird ein Teil der damals existierenden Verkehrsspitzen entschärft. Ein weiterer Trend ist das zunehmend dezentrale Arbeiten. Die Notwendigkeit des Pendelns von einer in eine andere Agglomeration wird durch die technischen Möglichkeiten für Home-Office und moderne Videokonferenzen geringer.

Die Genehmigung von Dienstreisen zu Arbeitstreffen über große Distanzen mit dem Flugzeug wird von den Unternehmen, nicht zuletzt wegen des gestiegenen Kostendrucks, strenger gehandhabt. Die Nutzung von modernen Kommunikati-

onstechnologien als Alternative wurde stark gefördert, so dass sich Verhaltensänderungen durchgesetzt haben. Technisch sind alle mittleren und größeren Unternehmen mit moderner Kommunikationstechnologie ausgestattet. Neue Technologien ermöglichen eine verbesserte Zusammenarbeit auch über große Distanzen. Über 3D-Holographie-Technologien ist es möglich, mit Geschäftspartnern zu diskutieren, als sei man vor Ort, ohne dabei jedoch das eigene Büro bzw. den heimischen Arbeitsplatz verlassen zu müssen. Ein beträchtlicher Teil der Geschäftsreisen konnte somit ersetzt werden. Nicht zuletzt die möglichen Zeiteinsparungen durch den Einsatz dieser Technologien führten zu einer Steigerung der Akzeptanz. Nichtsdestotrotz haben „echte“ soziale Kontakte auch im Geschäftsbereich eine große Bedeutung behalten, vielfach ist sogar durch einen immer stärkeren interkulturellen Austausch und komplexere Geschäftsbeziehungen neuer Verkehr über weitere Distanzen entstanden. Moderne Kommunikationstechnologien dienen so in der Regel nur dem Erhalt der Kontakte, ein Sockel an „echten“ sozialen Kontakten bleibt (50% bezogen auf 2010).

Allerdings sind die generellen Mobilitätsanforderungen an die Arbeitnehmer mit der fortgeschrittenen Globalisierung und einer weiter gestiegenen beruflichen Spezialisierung gestiegen. Während also die täglichen Arbeitswege kürzer geworden sind, sind die Wege, um soziale Kontakte zu Familie und Freunden aufrechtzuerhalten, länger geworden. Diese können durch virtuelle Kontakte nicht kompensiert werden, ein leichter Anstieg der durchschnittlichen individuellen Mobilität für die privaten sozialen Kontakte hat seit 2010 stattgefunden.

Konsumstrukturen

Die Konsumstrukturen sind 2050 deutlich lokaler geworden. Das Kennzeichen von Konsum-Produkten nach ihrer CO₂-Intensität, unterstützt durch ein wachsendes Bewusstsein des Klimawandels, in Kombination mit gestiegenen Transportkosten bewirkte ein Umdenken bei den Konsumenten und in der Folge bei den Produzenten. Regionale Strukturen erlebten für viele Produkte dadurch eine Renaissance und die Transportwege bis zur Fertigstellung der Produkte sind minimiert worden. Regionalität ist 2050 ein Markenzeichen und viele schätzen die Vorteile kurzer Wege im täglichen Leben.

Ein weiterer Trend der seit 2010 stattgefunden hat, ist die vermehrte Nutzung von Internet-Einkaufsangeboten, unter anderem auch bei Lebensmitteln. Ein breites Angebot von Seiten der Supermärkte, eine zunehmende Akzeptanz von Seiten der Konsumenten und die Realisierung von Einsparpotenzialen durch

optimale Verteilungswege und Bündelung von Wegen lassen immer mehr Konsumenten diese Art des Lebensmitteleinkaufs priorisieren.

Urlaub

Das Mobilitätsverhalten im Urlaub ist ebenfalls durch die aufgezeigten Entwicklungen bis 2050 geprägt. Der regionale Tourismus hat eine Renaissance erlebt (vgl. Abschnitt 6.1). Fernziele sind 2050 durch die stark gestiegenen Kosten im Flugverkehr die Ausnahme. Kurztrips mit dem Flugzeug über das Wochenende gehören der Vergangenheit an und sind durch ein größeres Angebot an Hochgeschwindigkeits-Bahnstrecken innerhalb Europas durch die Bahn abgelöst worden. Ein Sockel an Fernreisen bleibt zwar, ist aber insbesondere den wohlhabenderen Schichten vorbehalten. Hinzu kommt, dass auch die 2010 noch günstigen Urlaubsziele im Verhältnis zu deutschen Zielen teurer geworden sind.

6.4 Produktion und Märkte

Bis 2050 sind die Transport- und Logistikkosten deutlich gestiegen, bedingt durch die Internalisierung externer Kosten und die steigenden Rohölpreise wie auch durch zunehmende Engpässe im Verkehrssystem und damit verbunden ein höheres Versorgungsrisiko bei langen Transportketten. Zusammen mit ausgereiften Recycling-Technologien und einer vermehrten Sensibilisierung der Bevölkerung für die Folgen der Globalisierung und ein neues Qualitätsbewusstsein hat dies zu einer Stärkung regionaler und lokaler Produktionen und Dienstleistungen geführt und damit zu einem zur Globalisierung gegenläufigen Trend.

Ein Übergang zu regionalen Wirtschaftskreisläufen und lokalen Dienstleistungen trägt in vielen Märkten zur Reduktion des Transportaufwandes bei. Insbesondere gilt dies für Landwirtschaft, Handwerk, bestimmte Fertigwaren und Tourismus. Dies ermöglicht eine transportsparende Lebens- und Wirtschaftsweise. Ein Trend zur Dematerialisierung wirtschaftlicher Prozesse hat zusätzlich zur Entkopplung von Wirtschaftsentwicklung und Transportleistung beigetragen. Dieser Effekt beschränkt sich jedoch auf wenige Märkte von Verbrauchsgütern und deren Vorprodukte. Eine weit bedeutendere Wirkung auf das Verkehrsaufkommen brachten weitere Fortschritte in Material- und Prozesseffizienz.

Die Schwerindustrie hat sich im Wesentlichen nach Asien verlagert; insgesamt ist es zu einer branchenspezifischen, globalen Konzentration von Industriestandorten gekommen, so dass sich für diese Branchen die Globalisierung weiter fortgesetzt hat. Europa hat eine starke Marktstellung bei hochwertigen Produkten, auch im Bereich der Elektronik und Effizienztechnologien gehalten bzw.

zurückgewonnen. Insbesondere im Automobilbau gelang es, durch konsequentes Setzen auf saubere und energieeffiziente Technologie an der Weltspitze zu bleiben.

Seit 2010 hat ein stärkerer globaler Konkurrenzkampf mit den damaligen Schwellenländern eine ausgeklügelte Logistik auf den Güterverkehrsmärkten vorangetrieben. Umweltschutzaspekte spielen dabei auf Grund des öffentlichen Bewusstseins und politischer Rahmenbedingungen auf europäischer wie globaler Ebene eine wesentliche Rolle.

6.5 Querschnitts-Technologien

Insbesondere vier mögliche Querschnitts-Technologien bzw. Technologiebereiche spielen für die Veränderungen der Mobilität und des Verkehrssystems seit 2010 eine zunehmende Rolle:

- Nanotechnologie,
- Bild-Kommunikation in 3D-Qualität (Holographie),
- Bioraffinerie und Biomassenutzung sowie
- Recycling.

Nanotechnologie hat zunehmend bei der Markteinführung neuer Antriebsenergien oder neuer Fahrzeugkonzepte an Bedeutung gewonnen, sowohl durch ihren Einsatz im Bereich von Energiespeichern (z.B. in Hochleistungsbatterien, Brennstoffzellen, Wasserstofftanks) als auch im Bereich des Leichtbaus (z.B. in hochfesten Verbundstoffen).

Verbesserte Bild-Kommunikation hat dazu beigetragen, dass Videokonferenzen mit dreidimensionalen holographischen Darstellungen der Gesprächspartner möglich sind und so ein Teil der Geschäftsreisen oder auch der Reisen zu kleineren Konferenzen entfallen konnte. Außerdem erleichtern solche Medien Multimodalität, z.B. um Verkehrsmittel aufzufinden oder Bedienungsvorgänge zu veranschaulichen.

Bioraffinerie und Biomassenutzung ist vermehrt von Bedeutung geworden, um zunehmend knappere und teurere fossile Energieträger zu ersetzen – sowohl im Bereich der stofflichen Nutzung (d.h. Ersatz von petrochemischen Kunststoffen) als auch im Bereich der Kraftstoffe (d.h. Einsatz von Biokraftstoffen). Daneben wurde das Verkehrsaufkommen selbst durch volumenstarke Verkehrsströme zu und von den Bioraffinerien beeinflusst.

Der Aufbau von Recyclingkonzepten wurde seit 2010 zunehmend erforderlich aufgrund der Verknappung einiger meist metallischer Rohstoffe. Die damit verbundenen neuen Verkehrsströme verlaufen oft nicht mehr weltumspannend, ausgehend von Minen in Afrika oder Australien, sondern häufig innerhalb der Länder und regional von Sammelstellen über Betrieben der Recyclingindustrie hin zu den Produktionsstätten, welche die wiedergewonnenen Rohstoffe nutzen.

6.6 Verkehrspolitik: Marktordnung und Liberalisierung

Bezüglich der zukünftigen Verkehrspolitik hat sich die EU mit der Liberalisierung des Bahnmarktes seit 2020/25 letztlich durchgesetzt. Nach einer gewissen Übergangszeit verschiedener staatlicher Modelle wird das europäische Schienennetz seit 2035 von drei supranationalen Organisationen unter EU-Kontrolle betrieben, welche vollständig unabhängig von den Betriebsgesellschaften sind. Der Betrieb der Bahnnetze erfolgt in vollständig freiem Wettbewerb. Die ehemaligen Staatsbahnen wurden privatisiert. Ähnlich wie im Luftverkehr bildeten sich hierdurch große europäische Konzerne und Allianzen, welche jedoch durch die EU-Wettbewerbskommission in ihrer marktbeherrschenden Stellung begrenzt werden. Durch den intensiven Wettbewerb mit neuen privaten Playern konnten sich Effizienz, Serviceangebot und Qualität des Schienenverkehrs deutlich verbessern.

Im Straßenverkehr haben sich seit 2010 langsam die von der EU bereits im Weißbuch Verkehr von 2001 angelegten Nutzergebühren durchgesetzt und die Vereinheitlichung der Energiesteuern – auch im Verkehr - ist vorangetrieben worden. 2050 hat sich entweder ein einheitliches System der Gebührenerhebung durchgesetzt oder die in verschiedenen EU-Ländern existierenden Systeme sind interoperabel geworden.

Ähnliches gilt für Systeme zur Realisierung von Multimodalität. Durch europaweite Regelungen wurde sichergestellt, dass keine Insellösungen für einzelne Regionen oder Länder entstanden, sondern einheitliche, umfassende Lösungen, sowohl hinsichtlich der Buchung als auch der Abrechnung der Verkehrsmittel.

Über europaweite Regelungen wurde die vollständige Anlastung der externen Kosten aller Modi bis 2050 erreicht. Außerdem wurden europaweit gültige Geschwindigkeitsregelungen im Straßenverkehr eingeführt (vgl. Abschnitt 6.1).

6.7 Mobilitätskonzepte

Insbesondere in urbanen Regionen ist 2050 beim Personenverkehr eine multimodale Mobilität, d.h. eine flexible und barrierefreie Kombination und Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel Standard. Umfangreiche Mobilitätspakete sind überall verbreitet und senken die generell gestiegenen Mobilitätskosten erheblich. Rückgrat der kombinierten Mobilität ist der öffentliche Verkehr, der mit vielen weiteren Verkehrsmitteln und Bausteinen kombiniert werden kann wie Bike- und Car-Sharing, Mietwagen, Mitfahrdiensten inkl. Mobilitätsgarantien, Lieferdiensten, Taxifahrten sowie Flugreisen. Die Autonutzung ist ÖV-ähnlicher geworden. Mietwagen und -räder, welche überall in den Städten geparkt sind, können spontan ohne Vorbuchung und ohne feste Rückgabezeit genutzt werden und an Parkplätzen überall in den Städten wieder abgestellt werden (s. Abbildung 8). Im Jahr 2010 waren bereits ca. 6000 „Call-a-Bikes“ der Deutschen Bahn u.a. im Stadtgebiet von Berlin, Frankfurt am Main, München, Köln, Stuttgart und Karlsruhe und an vielen ICE-Bahnhöfen in Deutschland verfügbar [19]. Auch Bike-Sharing Konzepte mit festen Stationen, wie 2010 bereits in Lyon, Sevilla, Mailand oder Paris, haben sich erfolgreich in deutschen Städten etabliert. Leihauto-Systeme wie Car2Go, das in Ulm 2010 bereits 200 Autos zur Verfügung stellte [31], sind ebenso weit verbreitet. Im Jahr 2050 funktioniert die Freischaltung und Bezahlung verkehrsmittelübergreifend mit einer Mobilcard oder per Handy mit einer einfachen Rechnung nach dem „Best-Price-Prinzip“.

Die Nutzung des eigenen oder auch des geliehenen Fahrrads ist 2050 deutlich attraktiver durch eine Regelgeschwindigkeit in Städten von 30 km/h, durch gute Anbindungen zu öffentlichen Verkehrsmitteln inklusive kostengünstiger Fahrradmitnahme im ÖV sowie durch sichere Abstellmöglichkeiten an Bahnhöfen und Haltepunkten. Erschwingliche elektromotorunterstützte Räder steigern die Popularität des Fahrradfahrens auch in bergigen Regionen. Ebenso werden Kurzstrecken wieder öfter zu Fuß zurückgelegt, da attraktive Fußwege und vielfach grüne, verkehrsberuhigte Flächen zum Ausruhen und Verweilen geschaffen worden sind.

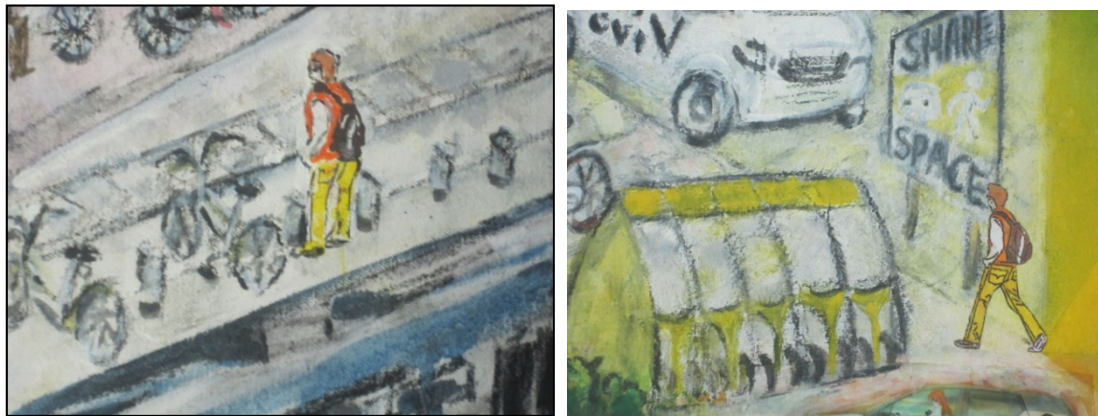


Abbildung 8: Ausleihen eines Leihfahrrades an einer Tram-Station (links) bzw. eines elektrischen Kleinstfahrzeuges im Stadtbereich (rechts) in der Visualisierung von VIVER [16].

Situations- und standortspezifische, mobile Infodienste sind weit verbreitet und über persönliche IKT verfügbar. Intelligente intermodale Routenplaner in den Handys der neuesten Generation ermitteln sekundenschnell die schnellsten, kostengünstigsten und umweltschonendsten Alternativen und lotsen den Bürger zu den verschiedenen Verkehrsmitteln. Der nächste Car-Sharing-Pkw, das nächste Leih-Fahrrad sowie die nächste Tram, Metro oder S-Bahn werden angezeigt und können sofort gebucht bzw. bezahlt werden.

Die Bevölkerung ist geprägt von einer Generation der Car-Sharer und multimodalen Mobilisten. Dadurch ist der Pkw-Besitz auf 250 Pkw pro 1000 Einwohner zurückgegangen. In den Ballungszentren dominiert die Nutzung von Leihauto-Systemen wie Car2Go zusammen mit anderen Verkehrsmitteln gegenüber dem Besitz eines eigenen Autos. Wenn ein Auto besessen wird, sind es häufig nur noch kleinere Autoklassen, da die Mehrheit der Bevölkerung den Vorteil kleiner, verbrauchsarmer Pkw für die überwiegend kurzen Fahrten erkannt und darauf reagiert hat. Für die geringe Anzahl an Fahrten, bei denen große Pkw mit viel Laderaum erforderlich sind, wird auf das Car-Sharing-Angebot zurückgegriffen. Gegen Aufpreis ist eine computergesteuerte, fahrerlose Anlieferung der autonom fahrenden Car-Sharing-Pkw bis vor die Haustür möglich, was z.B. bewegungseingeschränkten Nutzern einen komfortablen Zugriff auf die Fahrzeuge ohne lange Fußwege ermöglicht.

Insgesamt ist der ÖV bedarfsorientierter ausgestaltet worden. Der ÖPNV ist durch Echtzeit-Auskunft und -Steuerung flexibler geworden, so dass die Wartezeiten generell gering sind und man termingenau zum Ziel gebracht wird.

In den ländlichen, d.h. in nachfrageschwachen Regionen ist das ÖPNV-Angebot mangels Nachfrage bis 2050 zunehmend ausgedünnt worden. Der Anteil der Haushalte, welcher ein eigenes Auto besitzen, ist hier deutlich höher als in städtischen Gebieten. Für Personen ohne Auto bzw. zur Vermeidung von Autofahrten sind aber jeweils alternative Mobilitätskonzepte geschaffen worden, welche durch flexiblere Systeme ein verbessertes und gleichzeitig kosteneffizienteres ÖPNV-Angebot realisieren und vielfältig genutzt werden. Viele dieser bedarfsgerechten Bedienungsformen sind im ÖPNV bereits in den 1980er, verstärkt aber seit den 1990er Jahren entwickelt und umgesetzt worden. Böhler et al. [32] konnten 2009 deutschlandweit insgesamt 89 Praxisbeispiele flexibler Bedienungsformen identifizieren. Ein Mix verschiedener Grundelemente werden dabei je nach regionalen Bedürfnissen und Gegebenheiten eingesetzt: (1) Starre Liniendienste, (2) flexible Liniendienste, (3) kollektive Anrufdienste und (4) kollektive Auto-/Fahrradnutzung. Auf diese Art und Weise konnte auch in ländlichen Regionen eine gewisse Grundversorgung des ÖPNV aufrecht erhalten und finanziert werden. Auch Warentransportdienste werden mit Personentransport kombiniert. Die Vermittlung von Mitfahrgemeinschaften wurde technisch stark vereinfacht. Sowohl Vorab- als auch spontane Buchungen werden vielfach genutzt.

Die Mobilität aller Bevölkerungsgruppen ist grundsätzlich gewährleistet. Für ÖV und Leihauto-Systeme werden an Bevölkerungsgruppen mit geringerem Einkommen Mobilitätsgutscheine ausgegeben. Für ältere Personen oder anderweitig eingeschränkte Personen ist der ÖV vollständig barrierefrei gestaltet worden; für Personen, welche den ÖV nicht mehr nutzen können, sind flexible Hol- und Bringdienste geschaffen worden. Führerschein- und Gesundheitscheck ab 70 wurden eingeführt und gewährleisten mehr Sicherheit für alle am Verkehr Beteiligten.

6.8 Logistikkonzepte

Im städtischen Warenverkehr werden 2050 vornehmlich elektrische Lieferfahrzeuge eingesetzt. Hierdurch wurde neben der Umwelt- und Klimawirkung das Lärmproblem in Wohngebieten umgangen, wodurch die Lieferzeitfenster deutlich ausgedehnt werden konnten. Um die städtischen Räume haben sich regionale Produktionsstandorte angesiedelt bzw. Güterverkehrszentren, welche von Fernverkehr durch Lkw, Bahnen oder Schiffe beliefert werden.

Im Fernverkehr geriet der Lkw durch seine Abhängigkeit von Verbrennungskraftstoffen und einen auf Grund der demografischen Entwicklung deutlichen

Mangel an qualifiziertem Fahrpersonal stark unter Druck. Eine weitere Steigerung des Marktanteils hat seit 2010 dementsprechend nicht stattgefunden.



Abbildung 9: Automatisierung des Schienenverkehrs. Links: unterirdische Containertransport in Ballungszentren mit Cargo-Cap [16]. Rechts: Containerverladung [35].

Im Gegensatz dazu profitierte die Schiene trotz Anlastung der tatsächlichen Trassen- und Lärmkosten vor allem im Fernverkehr von Automatisierung (Abbildung 9), flexiblerer Trassennutzung und Effizienzsteigerungen durch die Marktliberalisierung. Als sehr problematisch erwies sich zwar der Wegfall der Schwerindustrie und die Verknappung fossiler Energieträger; dies wurde jedoch zum Teil durch den Import von Massengütern und biomassebasierten Energieträgern im Hafenhinterlandverkehr kompensiert. Im Regionalverkehr ist immer noch der Lkw das dominierende Verkehrsmittel. Durch die Automatisierung beim Schienenverkehr konnten jedoch auch dort Potenziale realisiert werden.

Die Binnenschifffahrt konnte nicht sonderlich von Automatisierung und IT-Lösungen profitieren. Zusätzlich wurde sie durch den Zusammenbruch der Schwerindustrie nachfrageseitig und durch unregelmäßigere Wasserstände in Folge des Klimawandels angebotsseitig beeinträchtigt. Die wirtschaftliche Situation der Binnenschifffahrt hat sich entsprechend seit 2010 als äußerst schwierig erwiesen.

7 Was bedeutet das für den Personenverkehr?

Die in den verschiedenen Schlüsselfeldern beschriebenen Veränderungen bewirken, dass sich insgesamt der Personenverkehr auf deutschen Straßen bis zum Jahre 2050 deutlich reduziert hat. Dies ist zum einen durch kürzere Wege bedingt, zum anderen durch eine insgesamt geringere Anzahl von motorisierten Wegen aufgrund des Bevölkerungsrückgangs insgesamt und einer veränderten Zusammensetzung der Bevölkerung infolge des demographischen Wandels. Die Über-65-Jährigen im Jahr 2050 sind zwar im Durchschnitt mobiler als die Über-65-Jährigen 2010; aber dennoch weniger häufig unterwegs als die deutlich gesunkene Zahl der Berufstätigen. Zudem hat die deutlich ausgeprägtere Multimodalität zu einem deutlichen Anwachsen der nicht-motorisierten Wege geführt. Der Wunsch nach kürzeren Wegen und alternativen Mobilitätsmitteln ist verknüpft mit einem höheren sozialen und umweltbezogenen Bewusstsein und mit einer zunehmenden Assoziation von Lebensqualität mit Zeitgewinn und Entschleunigung. Gleichzeitig sind zwar der Aktionsraum und die Kontakthäufigkeit von Firmen und Personen insgesamt gewachsen, so dass neuer Verkehr über weitere Distanzen entsteht. Dieser wird aber zum Teil durch Bildkommunikation abgewickelt sowie durch die Abnahme der übrigen Wege mehr als kompensiert, zumal die Menschen ihrem grundsätzlich immer noch bestehenden Bedürfnis nach Mobilität in der Freizeit und im Alltag nachhaltiger nachkommen.

Der Trend zur Reurbanisierung, optimierte Infrastrukturen, neue Technologien und veränderte Werte der Gesellschaft haben zu einer um ein Vielfaches effizienteren und einer stärker multimodalen Mobilität geführt. Immer mehr Menschen sind durch die multimodalen Angebote und durch attraktivere Infrastrukturen sowie lokalere Angebote auf ÖV, Car-Sharing, das Fahrrad und andere Kleinstfahrzeuge (z.B. Segway, i-Real) sowie Fußwege umgestiegen, zunächst vor allem jüngere Generationen, allmählich aber auch immer mehr ältere Menschen, die in jungen Jahren bereits multi-modal gelebt haben. Das tägliche Leben ist ortsbezogener geworden. Für längere Distanzen wird die Bahn oder ein geeignetes Car-Sharing-Auto genutzt. Die Zahl der autofreien Haushalte im urbanen Raum hat daher stark zugenommen. So konnte auch die Zahl der Stellplätze und der geparkten PKW in Städten drastisch reduziert werden. Multimodalität, d.h. die flexible Kombination verschiedener Verkehrsmittel je nach Wegetypen und -zwecken, gehört zum Alltag der Verkehrsteilnehmer (vgl. Abbildung 10).

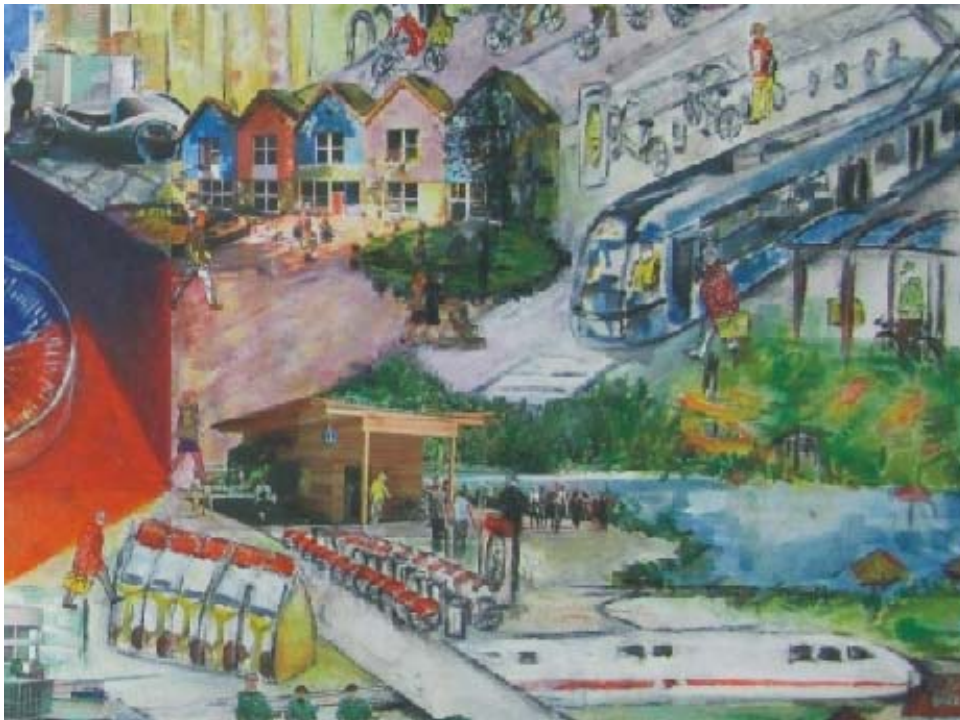


Abbildung 10: Multimodalität – von der Bahn zum Elektroauto, Fahrrad oder Segway [16].

Im ländlichen Raum haben flexible öffentliche Mobilitätsangebote einen wachsenden Anteil am Modal Split, auch wenn dort der motorisierte Individualverkehr immer noch eine sehr große Rolle spielt. Personen mit niedrigem Einkommen werden durch die gestiegenen Mobilitäts- und Energiekosten zwar deutlich motiviert in die Städte zu ziehen, grundsätzlich ist die Mobilität zur Erfüllung der täglichen Bedürfnisse für alle Bevölkerungsgruppen aber durch vielseitige und unterschiedlich kostengünstige Angebote bzw. Subventionen (wie Mobilitäts-gutscheine) gewährleistet.

Der durch den Klimawandel und die Verknappung fossiler Brennstoffe bewirkte gesellschaftliche Wandel stellte für die Innovationssysteme im Bereich Verkehr einen bisher nicht vergleichbaren Push-Faktor dar. Die großen Potenziale und gesamtgesellschaftlichen Vorteile energieeffizienter und klimafreundlicher Technologien bewirkten Anfang des 21. Jahrhunderts einen globalen Innovationswettbewerb. Effiziente Technologie kommt 2050 im Personenverkehr umfassend zum Einsatz, sei es in Personenwagen, Kleinstfahrzeugen oder im öffentlichen Verkehr. Der Wertewandel hin zu Entschleunigung und einem umfassenden Nachhaltigkeitsbewusstsein spiegelt sich auch in der Technologie, d.h. in einer deutlich moderateren und dadurch effizienteren Motorisierung von Verkehrsmitteln wieder.

Die durchschnittlichen CO₂-Emissionen der gesamten Pkw-Flotte sind bis 2030 auf 90 g/km gesunken. Die Flotte ist gekennzeichnet durch technologische Heterogenität. Neben reinen Elektromobilen, die 2050 das Stadtbild prägen, gibt es Plug-In-Hybride mit Benzin, (Bio-)Gas- und Bioethanol-Antrieb sowie moderne Wasserstoff-Brennstoffzellen-Pkw und nur noch vereinzelt konventionelle fossil betriebene Pkw. Alle Fahrzeuge sind serienmäßig mit intelligenten Motorsteuerungen versehen, welche die Motorleistungen optimal an die jeweilige Fahrsituation anpassen. Leichtlauföle, Reifen mit niedrigem Rollwiderstand und Luftdruckkontrolle sowie bessere Kugellager sind nur einige von vielen technischen Verbesserungen, die für Pkw 2050 Standard sind. Luftverwirbelungen konnten bereits bis 2030 auf ein Minimum reduziert werden. Seit 2030 sind die aerodynamischen Verbesserungspotentiale bei Pkw ausgeschöpft (Außenspiegel wurden z.B. durch Kameras ersetzt).

Seit 2025 sind die ersten Pkw mit Wasserstoff-Brennstoffzellen in großen Stückzahlen auf dem Markt verfügbar. Die Anschaffungskosten sind nach wie vor höher als bei allen anderen Technologien, jedoch erlaubt diese Technologie die Nutzung auf Langstrecken zu moderaten Betriebskosten. Nach Anlauf der Wasserstofftechnologie im Pkw-Bereich ab 2020 sind neue Wasserstoffspeichertechnologien wie die Grafitnanofasernspeicherung (GNF) in Serienreife entwickelt worden. Diese Technologien ermöglichen im Vergleich zu konventionellen Speichermethoden sehr große Reichweiten von bis zu 6000 km. Die langen Tankvorgänge (min. 4 Stunden) machten jedoch die Einführung neuer Systeme, wie des 2040 neu eingeführten Kartuschen-Austausch-Systems erforderlich.

Pkw mit hoch-effizienten HCCI-Verbrennungsmotoren (Homogeneous Charge Compression Ignition) in Kombination mit Elektromotoren für den Stadtbetrieb ermöglichen ebenfalls längere Fahrten, sind jedoch auf Grund der hohen Betriebskosten durch den Einsatz teurer fossiler Energieträger hauptsächlich im Besitz wohlhabenderer Personen. Durchschnittsverdiener nutzen Pkw mit dieser Technologie für längere Strecken nur über Car-Sharing. Der zwischenzeitlich stark gestiegene Anteil von erdgasgetriebenen Pkw hat sich auf Grund der gestiegenen Betriebskosten und des begrenzten Effizienzpotenzial bis 2050 wieder deutlich reduziert.

In der Batterietechnologie konnten seit 2010 bedeutende technologische Durchbrüche erreicht werden, welche zu deutlichen Verkleinerungen der Speicherzellen pro Energieeinheit, einer Gewichtsreduktion und dadurch zu größeren Reichweiten, beschleunigten Ladeprozessen und auf Grund großer Stückzahlen stark gesunkenen Batteriepreisen geführt haben. Dadurch schneidet das

Elektroauto 2050 in Hinblick auf die Gesamtkosten (Anschaffungs- und Betriebskosten) verglichen mit anderen Pkw-Technologien am besten ab.

Mit reinen Elektroautos werden unterschiedliche Fahrzeugkonzepte realisiert. Sie sind vielfältig eingebunden in die gesellschaftliche Mobilität. In urbanen und verdichteten Regionen sind Elektroautos klein, leicht und damit sehr kostengünstig ausgelegt. Eine begrenztere Reichweite ist dort kein Problem, insbesondere da sie eingebunden worden sind in umfassende multimodale Mobilitätskonzepte. So stehen öffentliche Elektrofahrzeuge auf zugewiesenen Parkplätzen überall an Knotenpunkten des ÖV. Moderne Car-Sharing-Technologie erlaubt einfachen Zugang ohne Vorbuchung und das Abstellen an jedem anderen freien Parkplatz. Neue Kleinstfahrzeugkonzepte (s. Abbildung 11) haben sich in der urbanen Mobilität etabliert, wie sie z.B. durch den Segway als Ein-Personen-Roller oder als Zweisitzer in Kooperation mit GM in 2010 sowie durch den Toyota i-Real und den Honda-3RC in 2015 auf den Markt kamen.



Abbildung 11: Neue elektrische Kleinstfahrzeuge für den urbanen Raum — Links: Segway-Puma [36]. Mitte: Nutzung von Segways im urbanen Raum [16]. Rechts: Honda-3RC [37].

Die Tankstelleninfrastruktur unterstützt die Koexistenz der verschiedenen Technologien, da in 2050 für alle Kraftstoffe bzw. für Elektrizität ein flächendeckendes Netz von mindestens 4000 Tankstellen bereitgestellt ist. Für die kleinen Elektrofahrzeuge genügt meist auch die Steckdose zu Hause. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Strommix konnte auf über 90% gesteigert werden. Alternative nicht-fossile Treibstoffe reduzieren die CO₂-Emissionen der Hybridautos sowie der Verbrennungsmotoren, die noch im Einsatz sind, weiter.

Städte und Regionen in denen die Nutzung des Fahrrads zu Beginn des 21. Jahrhunderts beschwerlicher war, gibt es im Jahr 2050 nicht mehr. Viele mo-

derne Fahrräder besitzen kleine, leichte Elektromotoren, die auch die Bewegung in bergigem Gelände (z.B. in Stuttgart) ermöglichen. Dabei nutzt das Fahrrad die durch Bremsvorgänge freiwerdende Energie wieder zur Aufladung der Batterie. Attraktiven urbanen Rad- und Fußwegenetze wurden geschaffen, auch durch Umwidmung frei werdender Fläche.

Die verstärkte Nutzung von Nanotechnologien und Verbundwerkstoffen ermöglicht eine deutliche Reduktion des Gewichts bei allen Verkehrsmitteln. Durchschnittlich sind Pkw, Lkw und Flugzeuge im Jahr 2050 50%, Schienenfahrzeuge und Waggons sogar 80% leichter als im Jahr 2010. Eine veränderte Oberflächenstruktur sorgt für einen deutlich geringeren Luftwiderstand.

Moderne IKT ermöglicht im Personenverkehr eine intelligente und komfortable Kombination aller Verkehrsmittel einschließlich einer übergreifenden Abrechnung sowie eine Optimierung des Verkehrsflusses und eine höhere Sicherheit. Gefahrensituationen durch Unfälle sowie Staus werden rechtzeitig erkannt und können exakt eingeschätzt werden. Dem Fahrer stehen somit diese Informationen sowie der daraus resultierende Zeitverlust und die Auswirkungen auf den Treibstoffverbrauch durch eine andere Fahrweise in Echtzeit zur Verfügung. Anzeigen in den Fahrzeugen zeigen die maximal mögliche Geschwindigkeit an und regeln mögliche Geschwindigkeitsüberschreitungen ab. Standardmäßig eingeführte Abstandswarn-, Brems- sowie Spurhaltesysteme erhöhen die aktive Sicherheit in allen Straßenfahrzeugen. Serienmäßige Car2Car-Kommunikationselemente ermöglichen einen optimalen Verkehrsfluss und erleichtern eine energieeffiziente Fahrweise. Die schnellere Erneuerung des Fahrzeugbestandes durch die intensive Nutzung von Car-Sharing hat auch eine beschleunigte Durchdringung der Flotte mit diesen neuen Technologien ermöglicht. Die stärkere Verknüpfung von Mobilität mit IKT hat auch dazu geführt, dass im urbanen Raum neben den Automobilkonzernen auch Technologiekonzerne zu Anbietern von Dienstleistungen im Bereich der Mobilität geworden sind.

Die bestehenden Verkehrsnetze werden durch intelligente Netze und Fahrzeuge wesentlich besser ausgenutzt als 2010. Durch diese Effizienzsteigerungen in Zusammenhang mit dem gedämpften Wirtschaftswachstum und dem Rückgang der Bevölkerung war ein Ausbau der Netze nach 2030 nicht mehr nötig, so dass mehr Mittel in den Erhalt und die Anpassung an den Klimawandel gesteckt werden konnten und so die Mobilität zuverlässiger geworden ist. Gleichzeitig konnte im urbanen Raum durch Car-Sharing und vermehrte Multimodalität die Zahl der notwendigen Stellplätze drastisch reduziert werden, so dass neben Anlagen

für den Rad- und Fußverkehr Platz für neue Grünflächen sowie attraktiver, zentral gelegener Wohnraum geschaffen werden konnte.

Insgesamt hat sich bis 2050 im Personenverkehr ein nachhaltiges Mobilitätssystem entwickelt, welches über alle Bevölkerungsschichten hinweg hohe Akzeptanz erfährt und dessen positive Auswirkungen auf die Lebensqualität geschätzt werden. Umwelt- und Klimaschäden, Verkehrsunfälle, Lärmbelastung, Stau und andere Externalitäten des Personenverkehrs sind im bodengebundenen Verkehr fast vollständig verschwunden und im Luftverkehr erheblich reduziert worden.

8 Was bedeutet das für den Güterverkehr?

Auch im Güterbereich führen die beschriebenen Veränderungen bis 2050 insgesamt zu einer Stabilisierung des Verkehrsaufkommens auf dem Niveau von 2020 und schließlich zu einer Abnahme aufgrund des Übergangs zu regionalen Wirtschaftskreisläufen in zahlreichen Sektoren und lokalen Dienstleistungen. Die nachteiligen Auswirkungen (CO₂-, Schadstoff-, Lärm-Emissionen, Energieverbrauch, Kosten, Zeitaufwand, Risiken wegen Engpässen) des Güterverkehrs konnten zudem deutlich verringert werden.

So ermöglichten organisatorische Verbesserungen, neue Fahrzeug- und Umschlagstechnologien sowie moderne IKT eine verbesserte und sowohl ökonomisch als auch ökologisch optimierte Kooperation, Vernetzung und Nutzung aller beteiligten Verkehrsträger im Güterverkehr sowie eine Verbesserung des Verkehrsflusses. Logistische Prozesse liefen seit 2010 zunehmend automatisch ab, so dass Verladeterminals und Rangierterminals 2050 weitgehend ohne menschliche Eingriffe arbeiten, was die Kosten und Umschlagzeiten im Schienenverkehr erheblich gesenkt hat. Auf ausgewählten Netzteilen verkehren selbstfahrende Gütershuttles; Engpässe im Schienennetz für den Güterverkehr wurden durch gezielte Infrastrukturerweiterung z.B. zur Stadtumfahrung behoben. Die Block- und Kupplungstechnologie des frühen 20. Jahrhunderts wurde vollständig durch vernetzte IT-Systeme und automatisierte Systeme ersetzt.

Insgesamt haben sich die Gütermengen von Straße und Binnenschifffahrt deutlich Richtung Bahn verlagert. Der kombinierte Verkehr Straße/Schiene, und eingeschränkt auch Straße/Schiene/Wasserstraße hat einen hohen Marktanteil erobert. Der Marktanteil des Schienengüterverkehrs an den Tonnen-Kilometern (Tkm) ist so von 17% im Jahre 2007 auf ca. 40% in 2050 gestiegen. Der Marktanteil der Binnenschifffahrt ist dagegen von ca. 10% im Jahre 2007 auf etwa 5% gesunken und der Lkw-Verkehr ist von über 70% 2007 auf 55% zurückgegangen [38].

Im Bereich der Straßen-Nutzfahrzeuge haben viele effiziente Technologien aus dem Pkw-Bereich ebenfalls Einzug gehalten, jedoch dominieren im Jahr 2050 Hybridtechnologien sowie rein elektrische leichte LKW im Bereich des urbanen Lieferverkehrs (Prototypen aus 2009 siehe Abbildung 12). Brennstoffzellen-Lkw waren auf Grund der Speicherproblematik bis 2050 keine Alternative. Mit der Entwicklung von Speichermethoden wie der Grafitnanofaserverspeicherung (GNF) ist ab 2050 der Brennstoffzellen-Antrieb auch bei Straßen-Nutzfahrzeugen zunehmend zu erwarten. Da die Anfang des 21. Jahrhunderts noch nicht annä-

hernd ausgeschöpften Aerodynamik-Potenziale bis 2050 auch für Lkw konsequent genutzt wurden, unterscheiden sich Lkw im Jahre 2050 auch optisch deutlich von jenen im Jahre 2010. Auch im Straßengüterverkehr führt IKT zu Effizienzverbesserungen, sei es durch Ermöglichung von Kolonnenfahren der LKW (truck-to-truck Kommunikation), durch Kommunikation mit dem PKW-Verkehr insbesondere zur Vermeidung von Kollisionen oder durch verbesserte Erhebung von differenzierten Straßenbenutzungsgebühren.



Abbildung 12: Lastwagen werden als Hybrid- und rein elektrische Varianten im Bereich der Lieferwagen angeboten (Links: Volvo [39]; Rechts: Daimler [40]).

Alte Diesel-Lokomotiven und -triebwagen sind im Laufe der Jahre zu einer Seltenheit geworden und durch große Investitionen in die Elektrifizierung des Schienenverkehrs nahezu überflüssig. Einzig im Rangierbereich finden sie noch verstärkt Anwendung. Schienenwege, Güterzüge und Lkw sind durch technische Mittel (Schienenlagekontrolle, K-Sohlen-Bremsen, Verkleidungen, etc.) wesentlich leiser geworden, so dass Lärm nur noch punktuell von Bedeutung ist. Schadstoffbelastungen sind ebenfalls bedeutungslos, einzig die CO₂-Emissionen spielen 2050 im Güterverkehr noch eine signifikante Rolle, sind aber durch verschiedene Entwicklungen schon beträchtlich reduziert worden.

So ist die Stromerzeugung für den Schienengüterverkehr weitgehend CO₂-neutral gestaltet worden. Im Lkw-Verkehr spielen Verbrennungskraftstoffe nach wie vor eine zentrale Rolle, werden jedoch zum überwiegenden Teil aus Biomasse (BtL = Biomass to Liquid, Biomasseverflüssigung) oder vollständig synthetisch hergestellt. Nach 2010 generierten erste Pilotanlagen Photo-Fuel zuerst aus Algen, später direkt aus Sonnenenergie, CO₂ und Wasser. Flugzeuge der neuesten Generation sind durch konsequente Optimierung des Gewichts

mittels Verwendung von Verbundwerkstoffen wesentlich effizienter, werden allerdings nach wie vor mit Kerosin bzw. Bio-Kerosin betrieben.

Bedarf für einen zusätzlichen Verkehrsträger, wie z.B. unterirdische Container-transportsysteme, bestand nicht generell. Lediglich im Hafenhinterlandverkehr und zwischen sowie innerhalb von großen Ballungsräumen, z.B. im Ruhrgebiet, werden 2050 derartige Pilotanlagen betrieben. Multimodale Fahrzeuge, welche auf verschiedenen Verkehrswegen nutzbar sind, werden zwar immer wieder erprobt, spielen jedoch im Gesamtbild des Güterverkehrs 2050 keine Rolle. Dagegen gewinnen Konzepte an Bedeutung, die den Personen- und Güterverkehr verknüpfen und so die vorhandene Netzinfrastruktur besser nutzen, wie z.B. die vollautomatisierte Beförderung von Gütern in Langstrecken-Personenzügen oder in der unteren Etage von doppelstöckigen, städtischen Bussen.

Insgesamt hat sich so auch für den Güterverkehr ein nachhaltigeres Verkehrssystem entwickelt, welches die negativen ökonomischen, ökologischen sowie sozialen Auswirkungen deutlich reduzieren konnte.

9 Visualisierung der Vision

Zur anschaulichen Visualisierung der entwickelten Vision für nachhaltigen Verkehr wurde in Zusammenarbeit mit der Designerin Judith Kozinski eine Visualisierung auf zwei Ebenen entworfen und umgesetzt (s. Abbildung 13):

- Ebene 1: Piktogramme der Mega-Trends (Basisannahmen) sowie der Schlüsselfelder von VIVER.
- Ebene 2: Anschauliche Visualisierung der Vision VIVER.



Abbildung 13: Überlagerung von Piktogramm und anschaulicher Vision in der Visualisierung der Vision VIVER [16].

Für die Anordnung der Piktogramme auf Ebene 1 wurde die Form eines Rads gewählt. Drei Bereiche werden durch eine farbliche Absetzung unterschieden: Zum einen die zugrundegelegten Basisannahmen bzw. *Mega-Trends* (= orange) als Rahmen der Vision sowie die Bereiche *Wertewandel* (grün) und *Mobilität* (violett) zur Darstellung der Schlüsselfelder. Für jeden Wertebereich bzw. jedes Schlüsselfeld wurde ein Piktogramm entworfen. Die Anordnung der Piktogramme auf dem Rad erfolgte in wechselseitiger Abstimmung mit der räumlichen Anordnung der Themen im Rahmen der Visualisierung.

Ebene 1 fällt beim Betrachten der Visualisierung als erstes ins Auge und soll einen Überblick über die Einzelbestandteile der Vision geben und das Erfassen von Ebene 2 durch die explizite Darstellung der Struktur erleichtern. Ebene 1 ist auf festem Untergrund aufgezogen und kann nach hinten weggeklappt bzw. zur Seite weggeschoben werden, um den Blick auf Ebene 2 freizugeben (Abbildung 14).



Abbildung 14: Anschauliche Visualisierung der Vision VIVER (Ansicht der Ebene 2) [16].

Auf Ebene 2 ist die Vision für nachhaltigen Verkehr im urbanen Kontext mit Öl auf Leinwand gemalt. Dabei werden verschiedene räumliche Perspektiven vermischt, um sowohl den urbanen Stadtbereich als auch unterirdische Verkehrsinfrastrukturen sowie den Luftverkehr darzustellen. Oberirdisch gehen verschiedene Bereiche ineinander über, um sowohl den urbanen, grünen, multi-mobilen Stadtkern als auch die enge Verknüpfung des Stadtgebietes mit dem Umland und den Fernverkehrsträgern darzustellen.

Im Zentrum des Bildes steht der Kompass als Symbol für barrierefreie Multimodalität und gewissermaßen als Platzhalter für das noch zu entwickelnde Tool zu

deren Umsetzung. Sieben Personen gehen von diesem Kompass zu ihren verschiedenen Mobilitätsformen und tauchen im Bild mehrfach als Nutzer verschiedener Verkehrsmittel auf, mal fahrend auf einem Segway, mal auf dem Weg zum Car-Sharing-PKW, zu Fuß oder in der Straßenbahn (Abbildung 15).



Abbildung 15: Person mit rotem Mantel und gelber Tasche bei der Nutzung von Segway, Tram und Fahrrad sowie im Straßencafé [16].

Die Darstellung des urbanen Raumes (Abbildung 16) zeigt den Wandel zu einem grüneren Stadtbild mit begrünten Plätzen, die mit Cafés zum Flanieren und Verweilen einladen, der motorisierte Individualverkehr ist zum Teil durch kleine Elektrofahrzeuge ersetzt worden und insgesamt deutlich zurückgegangen und durch Fuß-, Rad- und öffentlichen Verkehr ersetzt worden. Dachbegrünungen und futuristische in die Städte integrierte Gemeinschaftsgärten bieten direkt in der Stadt die Möglichkeit, Entspannung im Grünen zu finden. Naherholungsgebiete wie See und Naturschwimmbad sind mit dem öffentlichen Verkehr und den (Leih-)Fahrrädern gut erreichbar. Die intensive Nutzung der erneuerbaren Energien wird erkennbar durch die Solaranlagen auf den Dächern und die Windräder in dem landwirtschaftlich geprägten, regionalen Umland.



Abbildung 16: Attraktive grüne Städte mit durch Rad und ÖPNV erschlossenen Naherholungsgebieten und erneuerbarer Energieversorgung [16].

10 Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit der beschriebenen Vision ist es aus unserer Sicht gelungen, die Ziele des Projektes VIVER zu erreichen. Es konnte eine Vision entwickelt werden, welche ein aus unserer Sicht realisierbares, umfassendes, anschauliches und positives Bild der notwendigen Veränderungen bzw. des möglichen Ergebnisses einer Umgestaltung unserer Verkehrssysteme hin zu der heute so vielfach geforderten *Nachhaltigkeit im Verkehr* beschreibt. Diese Vision wurde von einem interdisziplinären Team von Experten des Fraunhofer ISI entwickelt. Die erfolgte bildliche Visualisierung unterstützt zusätzlich die Anschaulichkeit und Motivationskraft der Vision.

Mit den dargestellten Veränderungen und Trendbrüchen in mobilitätsrelevanten Schlüsselfeldern sowie im Personen- und Güterverkehr bis 2050 wäre ein nachhaltiges Verkehrssystem möglich, welches die negativen Effekte des Verkehrs (Umwelt- und Klimaschäden, Verkehrsunfälle, Lärmbelastung, Stau und andere Externalitäten) deutlich reduziert, wirtschaftlich realisierbar ist und gleichzeitig die Lebensqualität der Bevölkerung gewährleistet und umfassend verbessert. Es wird deutlich, dass ein nachhaltiges Verkehrssystem nur durch gleichzeitige und konsistente Veränderungen in vielen Bereichen, die miteinander in Wechselwirkung stehen, erreicht werden kann. Insbesondere in urbanen Räumen erwarten wir große Veränderungen der Mobilität, die bei geschickter Steuerung zu deutlich spürbaren Verbesserungen der Lebensqualität führen werden. Die Annahme von Trendbrüchen ist dabei konsistent mit den meisten anderen aktuellen Studien, welche Szenarien mit Zeithorizonten bis 2030 entwerfen [3]; [5]; [12].

Es scheint, dass einige Global Player außerhalb des Verkehrssektors (z.B. Energie-, IKT- und Technologiekonzerne) und einige innovative Mobilitätsdienstleister (z.B. Car-Sharingunternehmen, Tourismusanbieter mit Kleinstfahrzeugen) sich bereits auf den Weg machen, diese Veränderungen anzustoßen, während die Branche selbst, insbesondere die Fahrzeughersteller, sich noch zögerlich zeigt, neue Fahrzeug-, Nutzungs- und Mobilitätskonzepte aktiv voranzutreiben und umfassende Mobilitätsdienstleistungen innovativ auf dem Markt anzubieten.

Die Realisierbarkeit und die tatsächlichen Auswirkungen der Umsetzung einer solchen Vision sind natürlich aus heutiger Sicht nicht mit Sicherheit bestimmbar. Visionen und Szenarien, welche soweit in die Zukunft reichen, sind naturgemäß mit erheblicher Unsicherheit behaftet. Sie haben jedoch eine wichtige Funktion

bei der ganzheitlichen Betrachtung von Systemen und ihren Einflussfaktoren und der Entscheidung über Ziele und Maßnahmen. Zudem ermöglichen sie eine anschauliche und motivierende Vermittlung möglicher oder sogar notwendiger Veränderungsprozesse an relevante Zielgruppen. Der Veränderungsprozess zur erfolgreichen Umsetzung einer solchen Vision ist natürlich eine Herausforderung und erfordert eine ambitionierte und stimmige Zielsetzung und konsequentes und konsistentes Handeln durch Implementierung intelligenter und effektiver Maßnahmenpakete.

Trotz des Anspruchs, eine umfassende Vision zu entwickeln, bleiben schließlich noch Lücken in der Vision von VIVER. Beispielsweise ist dem Personenverkehr ein größerer Raum gewidmet worden als dem Güterverkehr, so dass für letzteren sicher noch zusätzliche Überlegungen angestellt werden sollten. Hierbei stößt man aber schnell an die Grenzen dessen, was sich realistisch in einem solchen Zeitraum im Güterverkehr verändern lässt, da der Güterverkehr viel stärker von den treibenden Rahmenbedingungen (z.B. den Produktions- und Globalisierungsstrukturen) als von den Einflussfaktoren innerhalb des Verkehrssektors abhängt als der Personenverkehr.

Als ein nächster Schritt ist vorgesehen, die entwickelte Vision mit externen Experten zu diskutieren, in Hinblick auf die gesetzten Ziele bzw. angestrebten Charakteristika (Nachhaltigkeit, Realisierbarkeit, umfassende Betrachtung der relevanten Einflussfaktoren, Anschaulichkeit und Motivationskraft, u.ä.). Anschließend sollen im Rahmen eines Backcasting-Prozesses notwendige und effektive Strategien und Maßnahmenpakete entwickelt werden, welche geeignet sind, das beschriebene nachhaltige Verkehrssystem zu erreichen.

11 Referenzen

- [1] <http://www.retro-futurismus.de> [07.09.2010].
- [2] Shell Deutschland Oil (2009): Shell PKW-Szenarien bis 2030. Download: www.Shell.de [07.09.2010].
- [3] ifmo – Instituts für Mobilitätsforschung (Hrsg.) (2010): Zukunft der Mobilität. Szenarien für das Jahr 2030. BMW AG, München.
- [4] Siemens (2009a): Weil die Zukunft heute beginnt – Green mobility. Download: <http://www.mobility.siemens.com> [07.09.2010].
- [5] Siemens (2009b): The Siemens answer: Complete mobility. Integrated solutions for urban and interurban transportation und logistics. Download: <http://www.mobility.siemens.com> [07.09.2010].
- [6] Siemens (2010): The future is electric: How new technologies are shaping our mobility. In: COMO 04/2010. Download: <http://www.mobility.siemens.com>. [07.09.2010].
- [7] Hickman, R.; Banister, D. (2005): Visioning and Backcasting for UK Transport Policy (VIBAT). Images of the Future: New Market or Smart Social. Stage 2 Working Paper. The Bartlett School of Planning and Halcrow Group Ltd., London.
- [8] SCMI – Scenario Management International (2010): Zukünftige Mobilität in deutschen Ballungsräumen 2030 – Szenario-Studie. Herausgegeben in Kooperation mit Hamburger Verkehrsverbund, Innovationszentrum Niedersachsen, Logistikinitiative Niedersachsen, MAN Nutzfahrzeuge AG, METRO AG, Deutsche Post DHL, Rhein-Main-Verkehrsverbund und Siemens AG.
- [9] Jochem, E. (Hrsg.) (2004): A White Book for R&D of energy-efficient technologies. CEPE - NOVATLANTIS Sustainability Forschung der ETH Zürich, Zürich.
- [10] Schade, B.; Rothengatter, W.; Schade, W. (2002): Strategien, Maßnahmen und ökonomische Bewertung einer dauerhaft umweltgerechten Verkehrsentwicklung. Bericht an die OECD im Auftrag des Umweltbundesamtes. Erich-Schmidt-Verlag, ISBN 3-503-06670-5, Karlsruhe, Berlin.

- [11] Schippl, J.; Leisner, I.; Kaspersen, P.; Madsen, A. K. (2008): The Future of European long-distance transport – Scenario Report. ETAG STOA report on behalf of the European Parliament, Brussels.
- [12] Schade, W., Krail, M. (2010): iTREN-2030: Experiences and results for integrated technology, energy and transport policy assessment. Final Report and Deliverable 6 of iTREN-2030 (Integrated transport and energy baseline until 2030). Project co-funded by European Commission 6th RTD Programme. Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Germany.
- [13] Schade, W.; Fiorello, D.; Köhler, J.; Krail, M.; Martino, A.; Schade, B.; Wiesenthal, T. (2008): *Final Report of the TRIAS Project: SIA of Strategies Integrating Transport, Technology and Energy Scenarios*. Deliverable 5 of TRIAS (Sustainability Impact Assessment of Strategies Integrating Transport, Technology and Energy Scenarios). Funded by European Commission 6th RTD Programme. Karlsruhe, Germany.
- [14] Matthes, F. C.; Markewitz, P.; Diekmann, J.; Eichhammer, W.; Gores, S.; Graichen, V.; Harthan, R.O.; Hansen, P.; Kleemann, M.; Krey, V.; Martinsen, D.; Horn, M.; Ziesing, H.-J.; Schade, W.; Schlomann, B.; Doll, C.; Helfrich, N.; Müller, L.; Cook, V. (2008): Politiksszenarien IV - Szenarien für den Projektionsbericht 2007. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA-FB 001097. Dessau, Berlin.
- [15] Kunert, U.; Horn, M.; Kalinowska, D.; Kloas, J.; Ochmann, R.; Schulz, E. (2008): Mobilität 2025 – Der Einfluss von Einkommen, Mobilitätskosten und Demografie. ifmo – Institut für Mobilitätsforschung, Berlin.
- [16] Kozinski, J./Fraunhofer ISI (2010). Graphische Visualisierung der Vision VIVER. Fraunhofer ISI, Karlsruhe.
- [17] Car-Sharing: <http://www.carsharing.de/> [07.09.2010].
- [18] car2go-Mobilitätskonzept: <http://www.car2go.com/ulm/de/> [07.09.2010].
- [19] Call a Bike: <http://www.callabike-interaktiv.de/> [07.09.2010].
- [20] Spiegel-Online: <http://www.spiegel.de/fotostrecke/fotostrecke-42487-5.html> [07.09.2010].
- [21] Deutsche Zentrale für Tourismus e.V. (DZT): <http://www.deutschland-tourismus.de/> [07.09.2010].
- [22] Schweizer Genossenschaft Migros: <http://www.migros.ch> [07.09.2010].

- [23] Gemeinschaft autofreier Schweizer Tourismusorte: <http://www.gast.org> [07.09.2010].
- [24] Sonoma Mountain Village: <http://www.worldchanging.com/archives/009448.html> [07.09.2010].
- [25] Vauban (Stadtteil von Freiburg): <http://www.vauban.de/> [07.09.2010].
- [26] Praxisbeispiele für autofreies Wohnen: <http://www.autofrei-wohnen.de/> [07.09.2010].
- [27] CIVITAS-Initiative (City-VITALity-Sustainability): <http://www.civitas-initiative.org/projects.phtml> [07.09.2010].
- [28] Stadt München (2010): Leitlinien und Leitprojekte. Download: <http://www.muenchen.de/Rathaus/plan/stadtentwicklung/perspektive/leitlinien/159819/index.html> [07.09.2010].
- [29] Freiburg: <http://www.bilder-von-freiburg.de/> [07.09.2010].
- [30] Kil, W. (2007). Neugier auf das Neuland. Schrumpfung gestalten. Politische Ökologie, 104, pp. 44-47.
- [31] Dorfladen-Netzwerk – Dorfläden in Deutschland: <http://dorfladen-netzwerk.de/dorflaeden-in-deutschland/> [07.09.2010].
- [30] Johanning, K. (2010): Mobilitätsumfrage des Umweltbundesamtes 2009 – Aktualisierung und Modifizierung der Mobilitätsumfrage aus dem Jahr 2006. Texte Nr. 31/2010. Umweltbundesamt, Dessau.
- [31] Daimler-Pressemeldungen: <http://media.daimler.com/> [07.09.2010].
- [32] BMVBS / BBSR (Hrsg.) (2009): Mobilitätskonzepte zur Sicherung der Daseinsvorsorge in nachfrageschwachen Räumen, BBSR-Online-Publikation 10/2009. urn:nbn:de:0093-ON1009R150.
- [33] Containerverladung: <http://www.istockphoto.com/> [07.09.2010].
- [36] Segway-Puma: <http://www.ruedasytuercas.net/wp-content/uploads/2009/05/gm-segway-puma-03-lg.jpg> [07.09.2010].
- [37] Honda-3RC: <http://www.zercustoms.com/news/Honda-3RC.html> [07.09.2010].

- [38] DIW – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2009): Verkehr in Zahlen 2009, Berlin.
- [39] Volvo Hybrid-LKW für den Abfalltransport:
<http://green.autoblog.com/2008/04/08/volvo-introduces-first-hybrid-garbage-truck-works-on-dme-fuel/> [07.09.2010].
- [40] Daimler batterieelektrischer Lieferwagen Vito e-cell:
<http://www.gizmag.com/mercedes-benz-vito-e-cell/15908/picture/118726/> [07.09.2010].



Kontakt:

Dr. Wolfgang Schade

Leiter des Geschäftsfeldes Verkehrssysteme

Fraunhofer-Institut für System- und

Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48

76139 Karlsruhe

Deutschland

Telefon: +49/721/6809-353

Telefax: +49/721/6809-135

E-Mail: wolfgang.schade@isi.fraunhofer.de

URL: www.isi.fraunhofer.de

Karlsruhe, Januar 2011