

Verkehrsträger-Vergleich

Rollen der Eisenbahn in einem nachhaltigen Transportsektor



Foto: DB AG / ve Medien

Prof. Dr.-Ing. Stefan Karch, Geschäftsführer, Railway Design & Innovation AG, Olten/Schweiz

Die Eisenbahn deckt im Transportsektor verschiedene Rollen ab, die durch die speziellen Eigenschaften des Bahnsystems geprägt sind. Auslöser von Veränderungen sind sowohl technologische Entwicklungen als auch der grundsätzliche Trend zur Nachhaltigkeit. Entsprechende Anpassungen im Transportsektor werden die zukünftige Gestaltung der Eisenbahn bestimmen. Daraus resultiert eine neue Rollenverteilung der Verkehrsträger Schiene und Straße.



Während es innerhalb der Eisenbahn jede Menge Fahrpläne gibt, die zumeist exakt eingehalten werden, ist ein solcher für die Entwicklung des Verkehrs- und Bahnsystems selbst nicht verfügbar. Zwar gibt es in Deutschland einen Bundesverkehrswegeplan und auch eine Unternehmensstrategie der Deutschen Bahn. In diesen aber ist der Sinn und Zweck des Bahnsystems nur durch relative Ziele angedeutet, wie zum Beispiel höhere Pünktlichkeit, niedrigere Kosten sowie generell mehr Verkehr auf der Schiene.

Dagegen fehlen Spezifikationen, aus denen sich System-Eigenschaften, Soll-Marktanteile und Verkehrsmengen und damit weitere, insbesondere auch wirtschaftliche Ziele für das System Bahn ableiten lassen, die wichtig für die Auswahl von Innovationen oder neuen Projekten wären. Beispielsweise weist die nur langsam abflauende Diskussion um das Projekt Stuttgart 21 nicht nur auf einen mangelnden Konsens über den Sinn und Zweck des Bahnsystems, sondern auch auf das Fehlen einer entsprechenden allgemein akzeptierten Spezifikation hin. Deren Voraussetzung ist zunächst die Definition von Rollen und zugehörigen Zielen für die Eisenbahn.

Nachhaltiger Verkehrssektor

Der Niedergang der Eisenbahn begann in Europa nach dem 2. Weltkrieg. In Deutschland gipfelte er 1976 in einem Vorschlag mit dem Titel „Betriebswirtschaftlich optimales Netz (BON)“ mit dem Ziel, den überwiegenden Teil des Eisenbahnnetzes stillzulegen^[1]. Er scheiterte zunächst, weil viele Bürger und auch Politiker der Ansicht waren, dass es ohne leistungsfähige Eisenbahn einfach nicht „geht“, mündete aber in einen laufenden Rückzug des Bahnsystems aus der Fläche, der bis in die neunziger Jahre andauerte.

Hintergrund dieser Ansicht waren wohl die Auswirkungen des Straßenverkehrs und dessen spürbar zunehmende Verkehrsdichte. Später stand der Energiebedarf im Blickpunkt der Öffentlichkeit. Manche gingen davon aus, dass bereits sinkende Vorräte an fossilen Energieträgern und speziell an Rohöl die Industriestaaten schon bald vor große Herausforderungen stellen würden.

Doch es kam anders: Seit Ende des letzten Jahrhunderts trat die bis dahin unbekannte Notwendigkeit des Klimaschutzes ins öffentliche Bewusstsein. Obwohl es einen riesigen natürlichen Umsatz von Treibhausgasen auf der Erde gibt, können die vom Menschen zusätzlich eingebrachten Mengen nicht kompensiert werden. Nachdem in den letzten 150 Jahren schon eine Erwärmung um etwa ein Grad eingetreten ist, möchten die Staaten der Erde diese Entwicklung nun auf einen Wert von zwei Grad

begrenzen. Eine entsprechende weltweite Einigung konnte bei der UN-Klimakonferenz 2015 in Paris erzielt werden.

Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Treibhausgasemissionen weltweit schrittweise bis auf 0 zurückgefahren^[2] und die Verbrennung fossiler Energieträger bis zirka 2050 eingestellt werden. Die Energieerzeugung für Strom, Wärme und den Verkehr wären in diesem Zeitraum vollständig auf erneuerbare Quellen umzustellen. Damit müssen die verbleibenden fossilen Energievorräte ungenutzt bleiben, denn bei ihrer Verwendung würde das CO₂-Restbudget bei weitem überschritten (Abbildung 1).

Was heißt das nun für einen „nachhaltigen“ Verkehrssektor? Das Umweltbundesamt hat die Folgen des Klimaschutzabkommens auf den Verkehr in Deutschland überprüft^[3] und kommt zu folgenden Ergebnissen:

- Zur Versorgung mit nachhaltiger Energie ist der Landverkehr zu elektrifizieren.
- Eine Versorgung mit synthetischen, CO₂-freien Kraftstoffen, sogenannten „PtL“^[4] ist möglich, kann aber voraussichtlich nicht mit den im Inland produzierten erneuerbaren Energien gedeckt werden.
- Jede Reduzierung des Energiebedarfs erleichtert die Umstellung auf die anfangs knappen erneuerbaren Energien. Daher kann die Eisenbahn mit bedeutenden Verkehrszuwächsen rechnen.
- Der Luftverkehr und der Straßengüterverkehr stellen für die Umstellung aufgrund der erforderlichen Leistungsdichten die größte Herausforderung dar.

Abbildung 1: Vergleich von gebundenem CO₂ (Kohlenstoffblase) und CO₂-Restbudget bis 2050

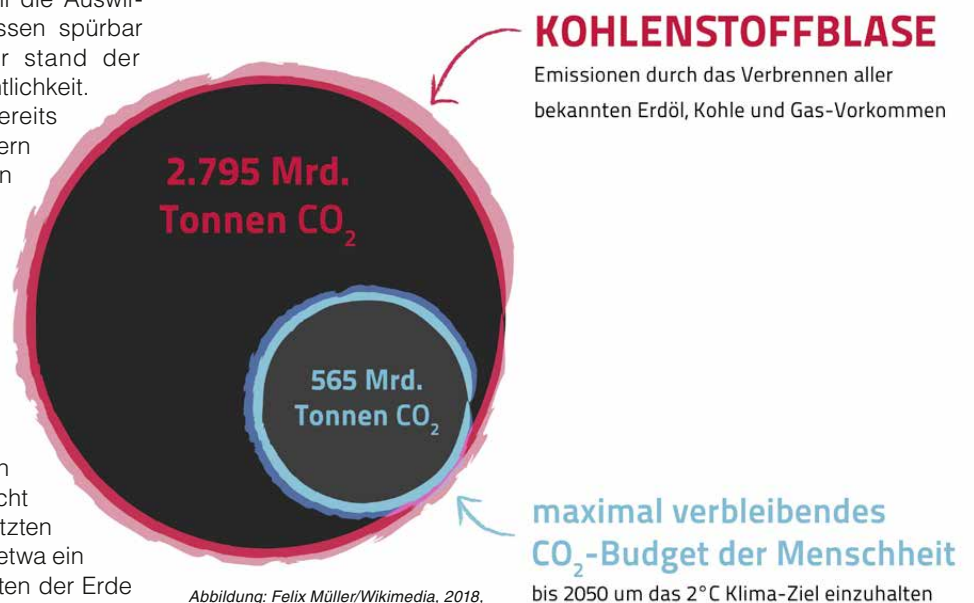


Abbildung: Felix Müller/Wikimedia, 2018, Lizenz CC BY-SA 3.0

Abbildung 2:
Meilensteine
Landverkehrswege
(Quelle: S. Karch)

Römisches Reich bis Mittelalter	Unbefestigte Landstrassen – hohe Steigungen bis zu 20 Prozent – daher mühsamer Wagentransport mit Pferd
ab etwa 1720	qualifizierter Strassenbau zur Vereinfachung des Warentransports – mit Befestigung und Reduzierung der Steigung auf 6 Prozent
ab 1835–1890	Bau der Haupt-Eisenbahnen, Steigung in der Regel unter 2 Prozent
ab 1930	Bau von kreuzungsfreien Kraftfahrstrassen mit getrennten Richtungsfahrbahnen, sogenannte Autobahnen
ab 1960	Wiederbeginn Bau neuer Eisenbahnstrecken zunächst Japan, Frankreich, Deutschland
ab 1970	Aufbau von Hochgeschwindigkeitsstrecken weltweit – bis heute knapp 40.000 km in Betrieb, weitere 20.000 km in Bau

Abbildung: S. Karch

Rollen der Eisenbahn

Während Verkehr auf Straßen und Wasserwegen schon seit mehreren tausend Jahren stattfindet, ist die Eisenbahn erst vor 180 Jahren dazugekommen (Abbildung 2) und somit relativ jung. Nicht nur deswegen, sondern auch aufgrund seiner Netzlänge – alleine in Deutschland über 600.000 Kilometer (km) – kommt dem Straßennetz die Funktion des Basis-Systems zu: Es ist so feinmaschig, dass sich nahezu jedes Grundstück erreichen lässt und es somit auch den gesamten „Langsamverkehr“ aus Fußgängern und Radfahrern trägt.

Das Eisenbahnnetz in Deutschland ist demgegenüber mit etwa 30.000 km nahezu um den Faktor 20 kleiner. Damit nimmt die Eisenbahn die Funktion eines Overlay-Systems ein, das aufgrund seiner vorzüglichen Merkmale das Basis-System Straße sinnvoll ergänzen kann. Mit der Luftfahrt gibt es ein weiteres Overlay-System, das seinen Erfolg dem Geschwindigkeitsvorteil und der Unabhängigkeit von physisch zu erstellenden Verbindungen verdankt.

Der Verkehrsmarkt zeichnet sich einerseits durch Bereiche aus, in denen jedes System nahezu konkurrenzlos agieren kann, und weist andererseits Überschneidungen ihrer Angebote auf, in denen die Nutzer die Wahl zwischen den verschiedenen Systemen haben (Abbildung 3). Aufgrund ihrer Eigenschaften ergänzen die beiden Overlay-Systeme Schiene und Luftfahrt das Basis-System Straße eher im Bereich größerer Distanzen, während der Langsamverkehr nur bei niedrigen Entfernungen eine Rolle spielt.

Anfangs hatte die Eisenbahn durch die Spurführung und den niedrigen Rollwiderstand praktisch ein Monopol für den Einsatz der Dampfmaschine, weil diese sich für die Straße als wenig geeignet erwies. Während dieser Zeit war der Systemvorteil der Eisenbahn gegenüber dem Straßenverkehr so groß, dass aus eigener Wirtschaftskraft ein umfassendes Eisenbahnnetz errichtet und rentabel betrieben werden konnte.

Erst mit Verbreitung des Verbrennungsmotors zu Beginn des 20. Jahrhunderts erhielt dann auch der Straßenverkehr eine von der Leistungsdichte her

Abbildung 3:
Zusammenwirken
der Verkehrs-
systeme
(Quelle: S. Karch)

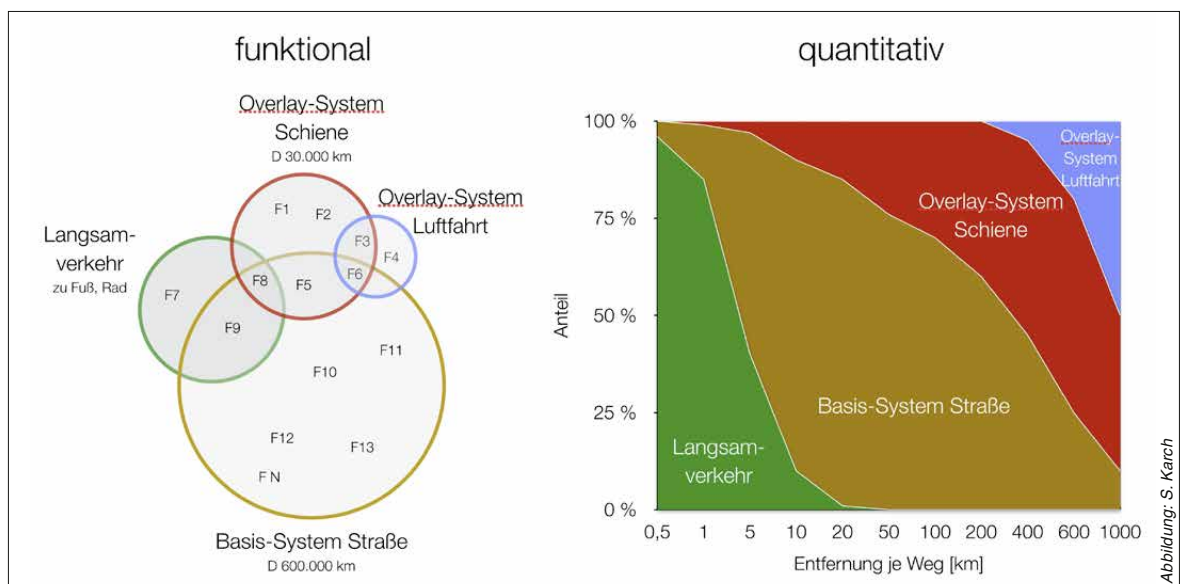


Abbildung: S. Karch

	Basis-System Straße	Overlay-System Eisenbahn	Overlay-System Luftfahrt
Beispiel	PKW VW Golf VII 61 kW	InterCity-Zug E111 – 2A – 1AR – 8B 4100 kW	Flugzeug Turboprop DHC-8-400 2 x 3300 kW
Reguläre Kapazität	4 Sitzplätze	730 Sitzplätze	86 Sitzplätze
Besetztmasse (Kapazität 50 Prozent)	1,4 t	626,0 t	26,1 t
Installierte Leistungsdichte	15,3 kW/Platz	5,6 kW/Platz	76,7 kW/Platz
	44,6 kW/t	6,5 kW/t	252,9 kW/t
Systemgeschwindigkeit	160 km/h	160 km/h	500 km/h

Abbildung 4:
Typische
Leistungsdichten
der Verkehrs-
träger, je Sitz-
platz und Masse
(Quelle: S. Karch)

Abbildung: S. Karch

geeignete Kraftmaschine. Die für einen sinnvollen Betrieb der einzelnen Verkehrsträger zu installierende Leistungsdichte variiert nämlich erheblich, wobei die Eisenbahn mit Abstand die geringsten Anforderungen stellt (Abbildung 4). Dies ist heute wiederum für die künftige Bewährung im nachhaltigen Verkehrssektor von besonderer Bedeutung.

Nun konnte der Straßenverkehr gegenüber der Eisenbahn wieder deutlich aufholen und Verkehrsanteile zurückgewinnen. Mit dem Bau des Autobahnnetzes ging diese Entwicklung dann so weit, dass die Eisenbahn und mit ihr auch – was gerne übersehen wird – der gesamte Verkehrssektor die eigenwirtschaftliche Grundlage bis heute verloren hat und nun auf öffentliche Zuwendungen angewiesen ist.

Seitdem wird stetig über die qualitative und quantitative Zukunft des Bahnsystems diskutiert, zumal ihre Verkehrsanteile im Vergleich zum Straßenverkehr als relativ gering erscheinen – in Deutschland nur 8 Prozent im Personenverkehr und 17 Prozent im Güterverkehr. Auf ein solches Overlay-System könnte womöglich ganz verzichtet werden.

Trotzdem kommt die oben erwähnte Teilstilllegung des Eisenbahnnetzes nicht zustande, weil die Eisenbahn außerhalb ihres nur noch kleinen unternehmerischen Kernbereichs (UKB) bis heute vier zusätzliche Rollen zu erfüllen hat:

1. Eine soziale Rolle im Personennahverkehr, die heute flächendeckend in Deutschland über Regionalisierungsmittel beziehungsweise in der Schweiz über „Abgeltungen“ finanziert wird,
2. eine ökologische Rolle in allen Verkehrsarten, die übernommen wird, sobald effektiv Verkehr von der Straße oder aus der Luft auf die Schiene verlagert wird, nicht aber für zusätzliche Verkehre,
3. eine Rolle zur Entlastung des Straßenverkehrs speziell in Ballungsräumen und parallel zu hochbelasteten Fernstraßen, die über entfallenen Straßenbau und vermiedene Staukosten finanziert werden könnte, sowie

4. eine Rolle zur Zukunftssicherung oder auch zur Vorbereitung einer „Mobilitätswende“. Sie betrifft den Bau der neuen Bahnanlagen, die bis heute weder volks- noch betriebswirtschaftlich rentabel sind.

Jeder Zug und jede Strecke tragen zu einigen dieser Rollen bei. Beispielsweise wird ein Intercity-Zug stark im UKB verankert sein, zusätzlich aber Teile von Rolle 2 übernehmen und je nach Laufweg auch Rolle 3. Dagegen wird eine S-Bahn weniger zum UKB beitragen, dafür größere Anteile aus den Rollen 1 und 3 spielen können.

Typische Infrastruktur-Projekte, die sich nur unter dem Titel „Zukunftssicherung“ der Rolle 4 rechtfertigen lassen, sind zum Beispiel das Verkehrsprojekt deutsche Einheit (VDE) Nr. 8 oder auch der Gotthard-Basistunnel (GBT). Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie nach Eröffnung noch weit von der für einen (volks-)wirtschaftlichen Betrieb benötigten Auslastung entfernt sind und somit auf eine entsprechende „Sinnstiftung“ warten. Eine solche könnte sich nun aus der Herausforderung des Klimaschutzes ergeben, womit sich diese Maßnahmen dann sogar als vorausschauend rechtfertigen ließen.

Merkmale der Eisenbahn

Das Overlay-System Eisenbahn weist fünf wesentliche Merkmale auf, die einen Mehrwert gegenüber dem Basis-System Straße bieten.

Kapazität

Der Vorteil „Kapazität“ ergibt sich im Wesentlichen aus der Fähigkeit Züge zu bilden, aus dem größeren Fahrzeugumgrenzungsprofil und den höheren Radlasten. So ist die auf Fahrbahn oder Gleis bezogene Kapazität bei jeweils artreinem Verkehr in jedem Fall höher (Abbildung 5).

Geschwindigkeit

Auch durch die erreichbare Systemgeschwindigkeit kann sich die Eisenbahn als Overlay-System klar oberhalb des Basis-Systems positionieren. Dieser Vorteil gerät manchmal in Vergessenheit, da vielerorts

Abbildung 5: Vergleich Kapazität von Basis-System Straße und Overlay-System Eisenbahn (Quellen: R. Breimeier 2013^[5] (Güterverkehr), S. Karch (Personenverkehr))

		Basis-System Straße		Overlay-System Eisenbahn
		Individualverkehr (PKW)	Öffentlicher Verkehr (Bus)	
Personennahverkehr	Breite einer Fahrspur	3,5 m	3,5 m	4 m
	Systemgeschwindigkeit bis	50 km/h	50 km/h	60 km/h
	Fahrzeuge/Spur/h LSA – Lichtsignalanlage	1.000 (LSA limit.)	120 (Haltestelle limit.)	30 (Haltestelle limit.)
	Sitz- und Stehplätze/Fzg.	5	100	1.667
	Sitzplätze/Spur/h	5.000	12'000	50'000
Personenfernverkehr	Systemgeschwindigkeit bis	120 km/h	100 km/h	300 km/h
	Fahrzeuge/Spur/h	2.000 (Abstand limit.)	wird nur im Mischverkehr praktiziert	20
	Sitzplätze/Fzg.	5		1.000
	Sitzplätze/Spur/h	10'000		20.000
Güterfernverkehr (TEU entspricht 20-Fuß-Container)	Systemgeschwindigkeit bis	80 km/h		120 km/h
	Fahrzeuge/Spur/h	500 (Abstand limit.)		15
	TEU je Fahrzeug	2		105
	TEU je Spur und Stunde	1.000		1.575

Abbildung: S. Karch

Abbildung 6: Geschwindigkeits-Grenzkurve Eisenbahn – Erreichbare Reisezeiten und -geschwindigkeiten im konventionellen Verkehr (konv. bis 200 km/h, blau) und im Hochgeschwindigkeitsverkehr (HGV, bis 300 km/h, rot) bei verschiedenen Halteabständen (Haltezeiten für Halteabstände bis 5 km 0,5 min, 6 bis 20 km 1 min, darüber 2 min) (Quelle: S. Karch)

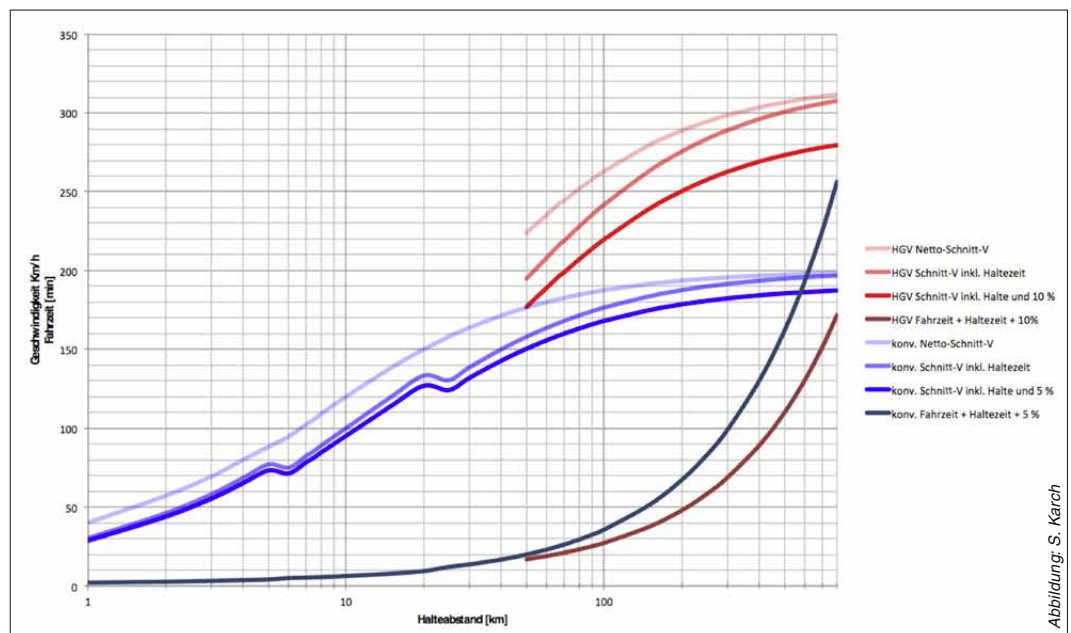


Abbildung: S. Karch

Abbildung 7: Energiebedarf elektrischer PKW gegenüber Triebzug ICE3 (Quelle: S. Karch)

	V [km/h]	Leistung [kW]	Sitzplätze	Energiebedarf pro 100 Sitz-km sekundär [kWh]
Seat Altea XL 1,6 TDI – fiktiv elektrisch – max. 77 kW	100	15	4	3,75
Tesla S – real elektrisch – max. 315 kW	100	18	5	3,60
Triebzug ICE 3 – real elektrisch – max. 8.000 kW	100	632	460	1,37
	200	2.800		3,04
	300	6.100		4,42

Abbildung: S. Karch

	Basis-System Straße ^[6]		Overlay-System I Eisenbahn (Quelle S. Karch)		Overlay-System II Luftfahrt Kurzstrecke ^[7]	
	Fernverkehr	Regionalverkehr	Fernverkehr	Regionalverkehr	Klassische Airline	Low-Cost Airline
Sitzplatzkosten [Cent/Sitz-km]	16	13	7	3	10	8
Geschätzte Auslastung [Prozent]	43	33	40	20	60	90
Kosten je Pkm [Cent/Pkm]	37	39	18	15	17	9

Abbildung: S. Karch

neue Straßennetze, speziell mit Autobahnen, Schienennetzen gegenüber stehen, die noch aus der Gründerzeit stammen. Die „Geschwindigkeits-Grenzkurve Eisenbahn“ geht von Zugfahrten aus, die keinerlei Einschränkung durch die Trassierung unterliegen (Abbildung 6). Das ist bei S-Bahnen und Regionalzügen heute schon häufig der Fall, setzt aber im Fernverkehr in der Regel komplett neue Schnellfahr-beziehungsweise Hochgeschwindigkeitsstrecken voraus, die bis in die Knoten eingeführt sind.

Energiebedarf

Der wesentlich geringere Energiebedarf der Eisenbahn im Verhältnis zum Basis-System Straße beruht einerseits auf dem geringen Rollwiderstand und andererseits auf der relativ kleinen Frontfläche dank Zugbildung und günstigeren aerodynamischen Eigenschaften, beides im Vergleich zu kleinen Einzelfahrzeugen auf der Straße. Der theoretisch mögliche Vorteil liegt etwa bei einem Faktor von 10, wird aber durch das höhere Gewicht der Schienenfahrzeuge teilweise wieder kompensiert, so dass in der Praxis bei gleicher Fahrgeschwindigkeit ein Faktor von 3 nutzbar ist (Abbildung 7).

Sicherheit

Hinsichtlich des Merkmals „Sicherheit“ stellen sich die Systeme sehr unterschiedlich dar: Im Straßenverkehr wird nach dem Prinzip der gegenseitigen Wahrnehmung und in direkter Verantwortung der Verkehrsteilnehmer gehandelt, wie es schon vor der Motorisierung üblich war. Dagegen ist die Eisenbahn von Beginn an als geschlossenes System entstanden, das durch Regulation und mit einer speziellen Sicherungstechnik einen angestrebten Sicherheitsstandard erreicht. Das Sicherheitsniveau ist inzwischen so hoch, dass es beispielsweise in Deutschland schon ganze Jahre ohne Opfer unter Reisenden gegeben hat. Im Straßenverkehr sind dagegen jährlich allein in Deutschland über 3.000 Tote unter allen Verkehrsteilnehmern zu beklagen.

Kosten

Beim Merkmal „Kosten“ scheiden sich die Geister, weil es zwei grundsätzlich unterschiedliche Betrachtungen gibt: Menschen, die einen PKW besitzen, beobachten nur noch die entstehenden Grenzkosten, das heißt einfacher ausgedrückt, sie vergleichen den Preis der Fahrkarte mit dem des Benzins. Die einmalige Anschaffung des Autos und alle seine übrigen Fixkosten wie Versicherungen, Steuern, Stellplatz, regelmäßige

Instandhaltung werden nicht berücksichtigt, da sie ja „ohnehin“ anfallen. ÖV-Fahrgäste müssen dagegen fast immer den Fahrpreis in Höhe der Vollkosten entrichten.

Bei der Gestaltung von Verkehrssystemen steht aber der Vergleich der Vollkosten der einzelnen Verkehrsträger im Vordergrund, wobei die Eisenbahn um den Faktor 2 bis 3 niedriger liegt als die Straße (Abbildung 8).

Entwicklung im Umfeld

E-Mobilität

Das deutsche Umweltbundesamt (UBA) schlägt in der oben genannten Studie für den nachhaltigen Verkehrssektor die überwiegende Elektrifizierung aller Verkehrsträger vor. Während im Schienenverkehr der elektrische Betrieb nahezu ausschließlich mit Speisung über die Oberleitung erfolgt, gibt es im Basis-System Straße konkurrierende Ansätze. Bisher überwiegen als Alternative zu fossil angetriebenen Fahrzeugen solche mit Batterien. Nun wird aber für Fern-LKW ebenfalls die Direktspeisung über eine Oberleitung erprobt.

Sicher ist bisher nur, dass die Elektrifizierung des Basis-Systems Straße aufgrund der höheren erforderlichen Leistungsdichte recht aufwendig wird (Abbildung 4). Batteriegespeiste PKW verfügen über eine begrenzte Reichweite, die zudem noch stark von Fahrgeschwindigkeit und Klimabedingungen abhängig ist. Für den schnellen Fernverkehr sind solche Fahrzeuge eingeschränkt geeignet, da auf Strecken über 300 km nur Geschwindigkeiten bis zu 120 km/h für eine optimale Reichweite sinnvoll sind. So erreichbare Reisegeschwindigkeiten von 100 km/h liegen im Verhältnis zu fossil angetriebenen Fahrzeugen recht niedrig.

Damit sieht die sinnvolle Arbeitsteilung zwischen dem Basis-System Straße und dem Overlay-System Eisenbahn so aus:

- Fokussierung des Straßenverkehrs auf die sogenannte „Leichte Mobilität“, das ist die Flächenerschließung bis zu 100 km Entfernung mit Fahrgeschwindigkeiten bis zu 100 km/h.
- Ausrichtung der Eisenbahn auf die sogenannte „Schwere Mobilität“, also Wege über 100 km inklusive des schnellen Fernverkehrs auf längeren Strecken.

 Abbildung 8:
Vollkosten der
Verkehrsträger

Das Bahnsystem ist weiter zu beschleunigen, um die aktuellen Reisezeiten des Straßenverkehrs auch von Haus zu Haus zu erreichen. Danach kann die PKW-Flotte gezielt auf Kurzstrecke ausgelegt werden. Die zunächst knappen erneuerbaren Energien werden mit dieser Aufteilung ebenfalls optimal genutzt.

Die Elektrifizierung des Verkehrssektors betrifft auch den Güterverkehr. Dank der besseren Nutzung nachhaltiger Energie durch die Eisenbahn rechnet das Umweltbundesamt (UBA) hier mit einer Verschiebung des Modal Splits von der Straße auf die Schiene, und zwar bei bestimmten Rahmenbedingungen von 17 Prozent im Jahr 2005 auf bis zu 30 Prozent im Jahr 2050.

Digitalisierung und Vernetzung

Die Ausweitung der Digitalisierung und Vernetzung im Straßenverkehr wird folgende technische Entwicklungen unterstützen:

- Ausweitung der Anwendung von Fahrerassistenz-Systemen,
- Zulassung und Verbreitung des Autonomen Fahrens (AF), auch fahrerlos und
- Vernetzung der Verkehrsteilnehmer sowohl untereinander als auch mit der Infrastruktur.

Damit sollen Kapazität, Sicherheit, Bequemlichkeit und Komfort deutlich verbessert werden:

- Auf Autobahnen wird bei ausschließlichem AF mit einem Zuwachs der Kapazität je Fahrspur von 80 Prozent gerechnet, innerorts mit 40 Prozent^[8]
- Es wird ein unfallfreier Straßenverkehr angestrebt, der dem Begriff „Vision Zero“ genügt und keine Verkehrstopfer verursacht.
- Dank möglicher Trennung von PKW und Nutzer sind verschiedene Szenarien denkbar, wie selbstständiges Parken oder aber sogar autonome Taxis, die jederzeit verfügbar sind.
- Durch Entfall der Fahrertätigkeit kann die Aufenthaltszeit im Fahrzeug beliebig genutzt werden.

Was bedeutet diese Entwicklung für die Aufgabenteilung zwischen Basis-System Straße und Overlay-System Eisenbahn?

- Autonome und damit vom Nutzer unabhängige Fahrzeuge sind eine ideale Ergänzung des öffentlichen Linienverkehrs, um die Distanz von der letzten Haltestelle zum Zielpunkt schnell zu überbrücken.
- Bei kürzeren Wegen, speziell außerhalb von Ballungsräumen, wird es aber auch ein Trend

geben, autonome Fahrzeuge direkt vom Start- zum Zielpunkt zu nutzen, um damit zum Beispiel komplexe Bus-Bahn-Verbindungen zu vermeiden.

- Der Entfall der Fahrertätigkeit könnte das Basis-System Straße generell begünstigen, natürlich auch durch die Öffnung für fahreruntaugliche Nutzergruppen.

Die Einflüsse auf die Aufgabenteilung durch die Elektromobilität einerseits und Digitalisierung andererseits werden sich überlagern, so dass die Gesamtwirkung noch nicht abzuschätzen ist. Tendenziell aber wird die Eisenbahn hinsichtlich der „Schweren Mobilität“ begünstigt, während der Straßenverkehr seine heute schon starke Position im Bereich der „Leichten Mobilität“ wohl noch ausbauen kann.

Systemgestaltung für eine Eisenbahn der Zukunft

Die Herausforderungen des Klimaschutzes und der dafür erforderliche Umbau des Verkehrssektors stellen für das Overlay-System Eisenbahn grundsätzlich günstige Voraussetzungen dar. Die Gestaltung des Systems Eisenbahn muss den folgenden Änderungen entsprechend angepasst werden:

- Nachhaltiger Betrieb auch der Eisenbahn selbst, das heißt ausschließlich auf Basis erneuerbarer Energie. Dies setzt eine Kombination weiterer Elektrifizierungen und dem Einsatz von Hybridfahrzeugen voraus.
- Die Eisenbahn muss den Straßenverkehr bei der Entwicklung seiner Nachhaltigkeit unterstützen. Sie übernimmt damit eine Art „Katalysatorfunktion“ mit dem Ziel, die Einführung der E-Mobilität auf der Straße durch Optimierung der Arbeitsteilung zu erleichtern und zu beschleunigen. Hierzu gehört beispielsweise die Übernahme des schnellen Fernverkehrs, für den Batterie-PKW weniger geeignet sind.
- Integration des neuen, teilweise autonom funktionierenden Verkehrsangebots auf der Straße wie zum Beispiel AF-Taxis, mit denen die „letzte Meile“ der Transportkette Haus-zu-Haus wesentlich optimiert werden kann.
- Die Übernahme zusätzlicher Güterverkehrsleistungen von der Straße verlangt neben der weiteren Erhöhung der Transport-Kapazitäten auch attraktivere Angebote, speziell für den heute vom LKW dominierten Bereich geringerer Transportweiten bis zu 300 km.

Ausblick

Bezüglich der Aufgabenteilung zwischen den Verkehrsträgern zeichnen sich folgende Trends ab (Abbildung 9):

1. Zunahme des Langsamverkehrs in Ballungsräumen durch besondere Förderung des Fahrradverkehrs und die zunehmende Nutzung von E-Bikes.
2. Ausdehnung des Basis-Systems Straße im Bereich der „Leichten Mobilität“ nach Einführung des „Autonomen Fahrens“ bei Privat-PKW, Taxis und auch im Busverkehr und der so möglichen Erhöhung der Verkehrsdichte.
3. Stärkung der Marktposition der Eisenbahn im Bereich der „Schweren Mobilität“ über 100 km. Grund dafür ist die Ausbreitung der E-Mobilität auf der Straße begleitet durch den fortgesetzten Ausbau des Schienenverkehrs im Regional- und Fernverkehr.
4. Die Verkehrsverlagerung von Kurzstreckenflügen hin zur Eisenbahn wird sich mit dem weiteren Ausbau des Schienenschnellverkehrs fortsetzen. Eine Umstellung des Luftverkehrs auf energieaufwendig zu produzierende und damit teurere E-Fuels wird diesen Trend noch verstärken.

Diese Trends haben natürlich auch Einfluss auf die im Abschnitt 3 genannten Rollen der Eisenbahn:

- Die soziale Rolle bleibt im Wesentlichen unverändert.
- Die ökologische Rolle entfällt beziehungsweise verlagert sich in den unternehmerischen Kernbereich (UKB). Einerseits wird nun auch der Straßenverkehr „nachhaltig“, während andererseits sein immer noch höherer Bedarf an anfangs noch teurerer nachhaltiger Energie sich deutlich im Preis niederschlagen wird.
- Die Rolle zur Entlastung des Straßenverkehrs bleibt reduziert erhalten. Zusätzlich wird eine Verlagerung von der Straße auf die Schiene im Bereich der „Schweren Mobilität“ stattfinden. Weil damit die Einführung der E-Mobilität auf der Straße deutlich erleichtert wird, sprechen wir von der Katalysator-Rolle der Eisenbahn.
- Die Rolle zur Zukunftssicherung wird mit Umsetzung der „Mobilitätswende“ ebenfalls aufgelöst. Die im Rahmen dieser Rolle bisher errichteten Bahnanlagen werden danach tatsächlich benötigt, das heißt ausgelastet und rentabel sein.

Der unternehmerische Kernbereich (UKB) der Eisenbahn wird wieder umfangreicher, insbesondere durch Übernahme der ökologischen Rolle dank Internalisierung der Energiekosten, womit der „natürliche“ Vorteil

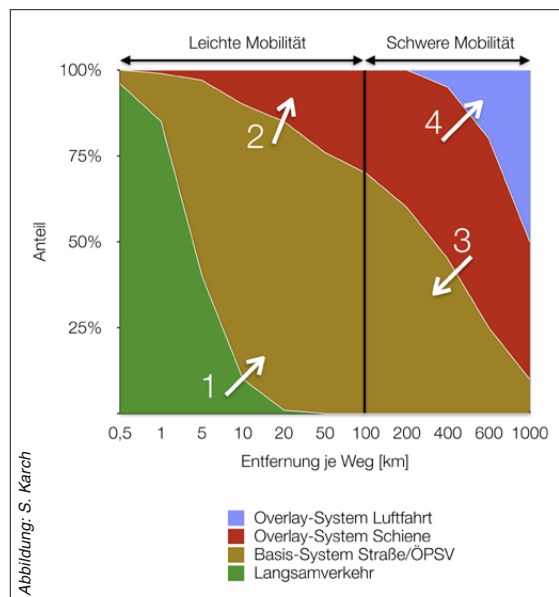


Abbildung 9:
Trends der
Verkehrsträger-
teilung
(Quelle: S. Karch)

der Eisenbahn nach langer Zeit auch wirtschaftlich wieder zur Geltung kommen wird.

Die nun veränderten Rollen bestimmen neben dem unternehmerischen Kernbereich den künftigen Sinn und Zweck der Eisenbahn. Diese Rollen auch in Zukunft optimal auszufüllen, muss das Ziel der zukünftigen Gestaltung des Systems Eisenbahn sein. Sie dienen darüber hinaus als Basis für Spezifikationen von Bahnsystemen sowie für die Strategien der Bahnunternehmungen. ■

Quellen

- [1] Vogt, G.: Die Entwicklung der Finanzen der Deutschen Bundesbahn. Berlin 1979, S. 172 ff.
- [2] Klimaschutzplan 2050. Berlin 2016
- [3] Umweltbundesamt: Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050. Dessau 2016
- [4] PtL heißt „Power to Liquid“, die Umwandlung von elektrischer Energie in Flüssigkraftstoffe, auch E-Fuels genannt.
- [5] Breimeier, R.: Güter gehören auf die Bahn: Autobahn oder Eisenbahn? Teil 1: Allgemeine Überlegungen. Schweizerische Eisenbahnrevue 6/2013, S. 305 ff.
- [6] ADAC: Autokosten-Rechner 2018, für Passat 1,4 Benzin
- [7] KPMG: 2013 Airline Disclosures Handbook, S. 20
- [8] Maurer, M. u. a.: Autonomes Fahren – Verkehrliche Wirkung Autonomer Fahrzeuge. Berlin 2015, S. 331 ff.