

1

Einleitung

Lars Gusig

Die Mobilität von Menschen und Gütern hat sich über die Jahrtausende zu einer wichtigen Fähigkeit entwickelt. Anders als körperliche Grundbedürfnisse wie Atmung, Wärme, Trinken, Essen und Schlaf ist für den Menschen die Mobilität keine unmittelbare Daseinsvoraussetzung. Für die Bewältigung von vielfältigsten Lebensaufgaben hat sich der Transport von Gütern – zunächst über kleine Distanzen, später im interkontinentalen, globalen Maßstab – als praktikabel, wertvoll, nützlich herausgestellt. Unter Verwendung vielfältigster Hilfsmittel wie zunächst Pferd, Rad, Wagen und schließlich Kraftmaschinen ist der Bewegungsradius der Menschen stetig gewachsen. Mit jeder neuen technischen Entwicklungsstufe, zunächst immer auf Fahrzeugseite, später auf Infrastrukturseite, wuchs der Bewegungsdrang der Menschen. Heute legen berufstätige Menschen täglich Pendelstrecken zurück, die vor etwa 100 Jahren die meisten Personen in ihrem ganzen Leben nicht zurückgelegt haben.

Neben der Personenmobilität ist durch die Globalisierung der weltweite Güterverkehr entsprechend stark angestiegen. Haben sich früher dörfliche oder städtische Gemeinschaften zum großen Teil aus dem näheren Umfeld versorgt, werden heute selbst Güter des täglichen Bedarfs, Nahrungsmittel, Kleidung über viele 1000 Kilometer zu Kunden transportiert. Wurde das zunächst über viele Jahre als Zunahme von Lebensqualität und Fortschritt wahrgenommen, ist in den letzten Jahrzehnten das Bewusstsein der Folgekosten gewachsen. Spätestens seit den 1970er-Jahren haben Kriterien wie Nachhaltigkeit, Umweltschutz, Flächenverbrauch und Gesundheit an Relevanz gewonnen.

1.1 Problemstellung, warum neue Mobilitätslösungen?

Im Verkehrssektor haben sich zwei Effekte herauskristallisiert, die sich zwar schon über lange Zeit abgezeichnet haben, die in ihrer Dringlichkeit aber erst seit etwa 10–15 Jahren in das öffentliche Bewusstsein gerückt sind:

- neues Verständnis von Nachhaltigkeit, ein Paradigmenwechsel,
- Zunahme der Verkehrsleistung, der Druck nimmt zu.

Für sich gesehen, sind durch jede dieser neuen Randbedingungen Veränderungen in den Verkehrssystemen notwendig. Die Gleichzeitigkeit beider Effekte erfordert aber eine komplett neue Herangehensweise an die Entwicklung von (technischen) Lösungen.

Neue Zieldimension Nachhaltigkeit: Gamechanger CO₂

Die Verkehrssysteme des Menschen waren bis zum massenhaften Auftreten von Verbrennungskraftmaschinen praktisch komplett nachhaltig. Die lange Geschichte der, insbesondere automobilen Fahrzeugentwicklung war von stetiger Verbesserung von Komfort und Sicherheit geprägt. In der Ölpreiskrise in den 1970er-Jahren standen Aspekte der (günstigen) Verfügbarkeit von Kraftstoff noch im Vordergrund. Im Laufe der 1980er-Jahre wurden dann gesundheitsgefährdende Emissionen durch Einführung von Dieselpartikelfiltern und Katalysatoren reduziert. Durch Einführung der Euro-Normen ab den 1990er-Jahren hat sich die Luftqualität insbesondere in den Städten merklich verbessert. Zwar war spätestens seit den „Grenzen des Wachstums“ die grundsätzliche Endlichkeit von fossilen Kraftstoffen allgemein bekannt, der Zeitpunkt des Peak-Oil schien aber in ferner Zukunft, es wurde noch von Autos mit Atom-antrieb oder vom „Beamen“ geträumt.

Erst durch die Gründung des „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC, „Weltklimarat“) durch die Vereinten Nationen 1988 hat ein Umdenken eingesetzt. Zwar waren die Mechanismen von CO₂-Emissionen und Klimawandel in Fachkreisen schon länger diskutiert worden. Die Implikationen auf das tägliche Leben praktisch jedes Menschen der gegenwärtigen und der zukünftigen Generationen war in ihrer Tragweite noch nicht in das Bewusstsein der Menschen gedrungen. Es klang schlicht undenkbar, dass durch das bisschen Autofahren, Heizen, Konsumieren das Klima, der Meeresspiegel, die Welt, so wie wir sie kennen, durch den Menschen grundlegend verändert werden könnten. Man hatte dem Ausgangsprodukt von Verbrennungsprozessen, dem Kohlendioxid, kaum Aufmerksamkeit geschenkt. Es riecht nicht, es ist, anders als Kohlenmonoxid, nicht giftig und in der Atemluft in so kleinen Anteilen vorhanden, dass die sehr geringfügigen Änderungen nicht als wichtig wahrgenommen werden. Erst langsam setzte sich die Erkenntnis durch, dass dieser so unscheinbare Stoff für die Menschheit eine große Bedeutung hat. Spätestens seit den Beschlüssen der UN-Klimakonferenz in Paris 2015 und dem Auftreten der „Fridays for Future“-Bewegung

2018 sind in der allgemeinen Bevölkerung die grundlegenden Mechanismen des Klimawandels bekannt.

Mit dem Green-Deal gab es auf EU-Ebene 2019 erstmals das Ziel, die Netto-Emissionen von Treibhausgasen des Kontinents auf null zu senken. Ähnlich wie das Ziel aus Paris, das „1,5-Grad Ziel“ war aber auch das für die meisten Menschen noch sehr abstrakt. Parallel begannen auf allen Ebenen (global, EU, Bundesebene, regional/kommunal) Klimaschutz-Agenturen, Verwaltungsbereiche und Forschungsinstitute Emissionen zu erfassen und Fördermaßnahmen zu entwickeln. Unternehmen kommunizieren CO₂-Bilanzen und Dekarbonisierungsstrategien, CO₂-Zertifikate werden gehandelt, Privatpersonen können den persönlichen „CO₂-Footprint“ bestimmen lassen.

Inzwischen gibt es für verschiedenste Bilanzgebiete umfangreiche und detaillierte Analysen zu CO₂-Emissionen. Klassischerweise wird in die fünf Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Landwirtschaft (und sonstige), Gebäude und Verkehr unterteilt. In Deutschland ist der Verkehr für etwa 20 % der Emissionen verantwortlich (Bild 1.1).

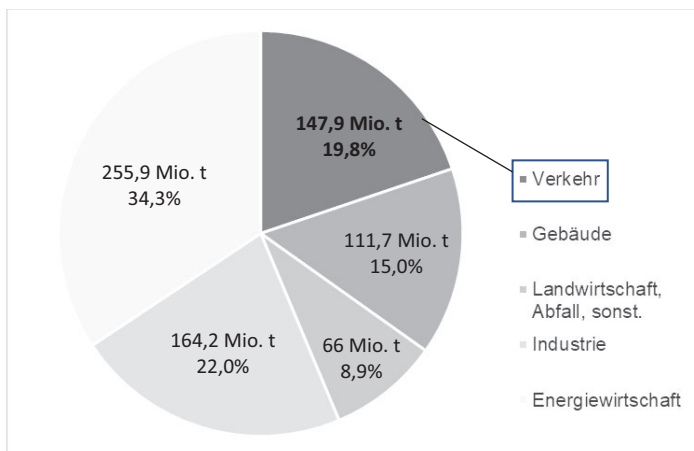


Bild 1.1 Anteil der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor in Deutschland, Datenquelle: UBA, Stand: 3/2023 [UBA2024]

Betrachtet man hier zunächst Deutschland, werden für alle Sektoren in den jeweiligen Ministerien Emissionsminderungen durch vielfältige Maßnahmen initiiert. Da es sich um

- langfristige Prozesse handelt,
- die Auswirkungen von Maßnahmen in der Regel gut quantifizierbar sind,
- sehr viele Akteure betroffen sind (staatliche Institutionen, privatwirtschaftliche Unternehmen, Bürger/Konsumenten),

d) alle Beteiligten ein Interesse am Erhalt von natürlichen Lebensgrundlagen und des Wohlstandes haben sollten,

müsste eine schrittweise, aber stetige Minderung der Emissionen möglich sein. In vielen Fällen stehen technische Lösungen zur Verfügung, müssen aber natürlich noch zur Marktreife entwickelt und installiert werden.

Schaut man sich die Auswirkungen dieser Maßnahmen an, kann man in der Tat, bezogen auf das Referenzjahr 1990, viele Fortschritte erkennen. In Bild 1.2 werden die prozentualen Verringerungen der Treibhausgasemissionen getrennt nach Sektoren dargestellt. In allen Sektoren ist, von stetigen Schwankungen überlagert, ein grundsätzlicher Trend in Richtung des Zieljahres 2030 zu erkennen. Die große Ausnahme bildet der Verkehr.

Lässt man die Corona-Jahre außer Acht, ist hier praktisch keine Verbesserung zu erkennen. Während sich in anderen Sektoren Verbesserungen zwischen 26 % und 46 % ergeben haben, liegt der Verkehr bei gerade einmal 9 %, mit einer erneut steigenden Tendenz nach den Corona-bedingten Einschränkungen.

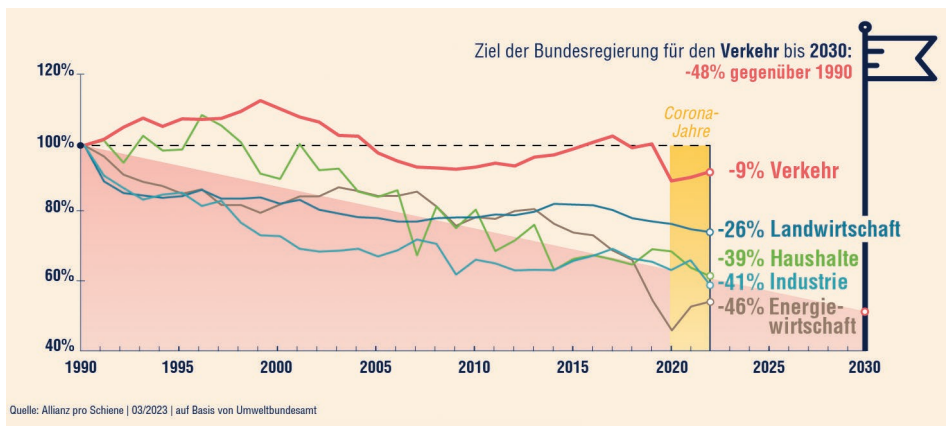


Bild 1.2 Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland, Quelle: Allianz pro Schiene (03/2023) auf Basis von Daten des Umweltbundesamts

Noch deutlicher wird diese Schere bei einer Betrachtung auf EU-Ebene (Bild 1.3). Während der Gebäude-, der Energie-, der Industriesektor und die Landwirtschaft jeweils eine Verringerung im Bereich von 25–40 % erreicht haben, ist im Verkehrsbereich sogar eine Steigerung von 25 % ersichtlich.

Es stellt sich die Frage, warum, trotz der allgemeinen Erkenntnis von der Relevanz des Klimawandels hier keine Verbesserung erkennbar ist?

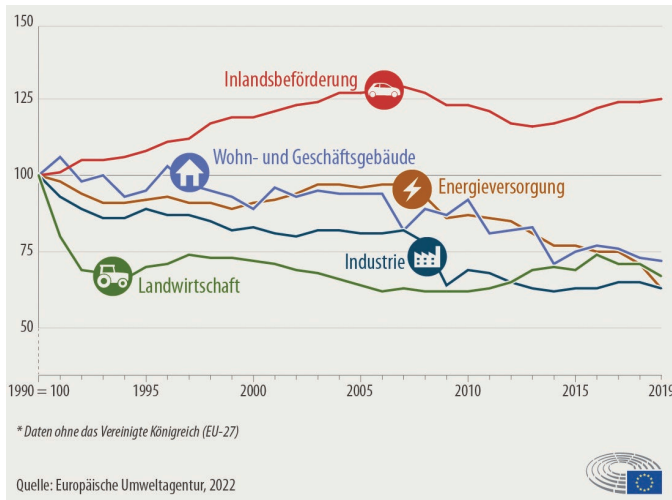


Bild 1.3 Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Europa, Quelle: Europäische Umweltagentur 2022

Die Verkomplizierung: eine stete Zunahme der Verkehrsleistung

In Deutschland wurde über Jahrzehnte ein Ausbau der Straßenverkehrsinfrastruktur vorangetrieben. Die Fahrzeugindustrie, als eine der Schlüsselindustrien im Land, wurde bei jeder Krise als systemrelevant eingestuft, es galt die damit verknüpften Arbeitsplätze zu sichern. Gerade in Deutschland wurden das technologisch ausgereifte Automobil und die gesamtwirtschaftliche Entwicklung als generell hohe, nationale Güter eingestuft. Das Fahrzeug galt und gilt als Statussymbol, auf die erfolgreiche (Export-) Wirtschaft war man stolz.

Parallel zur Straßeninfrastruktur hat sich ein System von umweltschädlichen Subventionen in Deutschland im Verkehrsbereich gebildet (Daten von 2021, Quelle [UBA2021]):

- Energiesteuervergünstigung für Dieselmotoren (8,2 Mrd. EUR p. a.),
- Entfernungspauschale (6,0 Mrd. EUR p. a.),
- pauschale Besteuerung privat genutzter Dienstwagen (3,1 Mrd. EUR p. a.),
- Energiesteuerbefreiung des Kerosins (8,4 Mrd. EUR p. a.),
- Mehrwertsteuerbefreiung für internationale Flüge (4,0 Mrd. EUR p. a.).

Zusammen mit weiteren Förderungen ergibt sich jährlich eine Summe von über 30 Mrd. EUR. Abgesehen von den direkten finanziellen Verlusten ergibt sich im Wesentlichen die massive Unterstützung einer „mobilitätszentrierten Lebensweise“. Für junge Menschen gilt es als normal, lange Wege zum Arbeitsplatz zu pendeln, man glaubt, mobil sein zu müssen, will schnell sein und flexibel.

Die Auswirkungen auf die Gesamtverkehrsleistung sind in Deutschland gut messbar. Bild 1.4 stellt die Zunahme der Gesamtfahrleistung, der Güterverkehrsleistung und der mittleren Pendlerdistanzen dar. Es ist leicht nachvollziehbar, dass bei solchen Steigerungsraten im zwei- bis dreistelligen Prozentbereich eine Verbesserung im Wirkungsgrad von Fahrzeugantriebssträngen nicht ausreicht.

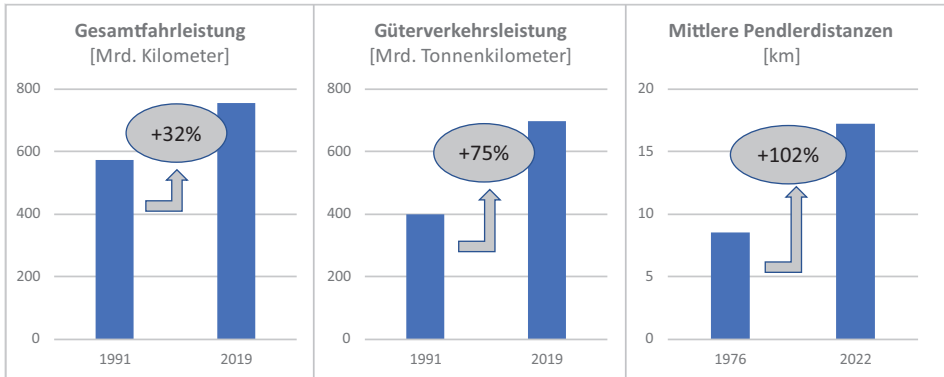


Bild 1.4 Zunahme der Gesamtfahrleistung, der Güterverkehrsleistung und der Pendlerdistanzen in den letzten Jahren, Datenquellen: [BMDV2024], [Agor2021], [DeAt2022]

Man erkennt, dass die drei klassischen, strategischen Ansätze in der Verkehrsplanung, die „drei V’s“

1. Vermeiden (Siedlungsentwicklung, Arbeits-/Lebens-/Mobilitätsmodelle, Reisegewohnheiten),
2. Verlagern (Nutzung von öffentlichem, umweltverträglichem Verkehr),
3. Verbessern (technische Verbesserungen an Fahrzeugen, Effizienzen, Elektroantrieb)

nicht sinnvoll berücksichtigt werden. Wichtig ist die Reihenfolge der drei Hebel: Eine Verkehrsleistung, die vermieden wird, muss später nicht kostenintensiv verbessert werden.

Es stellt sich die Frage, warum das so ist?

Prozesse und Auslöser für Verhaltensänderungen

Ein über Jahre eingübtes Verhalten zu ändern ist schwer. Das gilt für den privaten wie für den gesamtgesellschaftlichen Bereich. Persönliche Lebensweisen (die Wahl des Wohnortes, die Art des Arbeitsplatzes, die Entfernung zur Arbeit, zum Einkaufen etc.), industrielle Abläufe (Lieferantenketten, JIT-Lieferung etc.), fiskalische Regelungen bis hin zur Straßenverkehrsordnung sind große Widerstände, die Systemveränderungen oft entgegenstehen.

Der Auslöser von Veränderungen kann in Demokratien nur von den Bürgern ausgehen. Dennoch sind diese Bürger neben Wähler immer auch Konsumenten. In einer freien Marktwirtschaft stellt sich daher die Frage, wer letztlich diese Veränderungen auslöst, für sie verantwortlich ist: Ist es die Politik oder sind es die Bürger?

Das enge Wechselspiel zwischen Politik und Bürger wird in Bild 1.5 dargestellt. Für das Treffen von Entscheidungen sind die unterschiedlichen Zielperspektiven zu berücksichtigen. Betrachtet man das Beispiel „Erhöhen des Anteils von E-Fahrzeugen im Bestand in Deutschland“, gibt es immer sowohl eine mögliche politische/fiskalische Dimension (z. B. Besteuerung/Subventionierung von E-Fahrzeugen) als auch die persönlichen (Fahrzeugkosten, Betriebskosten). Die von diesen Entscheidungen betroffenen Unternehmen sind wiederum über vielfältige Weise sowohl mit der Politik als auch mit den Bürgern, in dieser Rolle Konsumenten und Arbeitnehmer, verbunden. Für die Initiierung von Veränderungen ist nach dem Verständnis der Sachlage die eigentliche Entscheidung notwendig. Diese muss wiederum von den Bürgern akzeptiert und umgesetzt werden können. Kommt in dieses „Veränderungssystem“ plötzlich eine neue Zielvorgabe, der Wunsch nach Nachhaltigkeit, so müssen sowohl Politik als auch Bürger schrittweise ihr Verhalten anpassen. Ob die jeweiligen Entscheidungen richtig sind, spiegelt sich dabei auch in den gesellschaftlichen Normen: Werde ich in meiner Entscheidung bestätigt oder kritisiert? Diese Akzeptanzmechanismen (Schritt 3, Bild 1.5) dauern im Mobilitätskontext durch die damit verbundenen Investitionsentscheidungen naturgegeben oft viele Jahre.

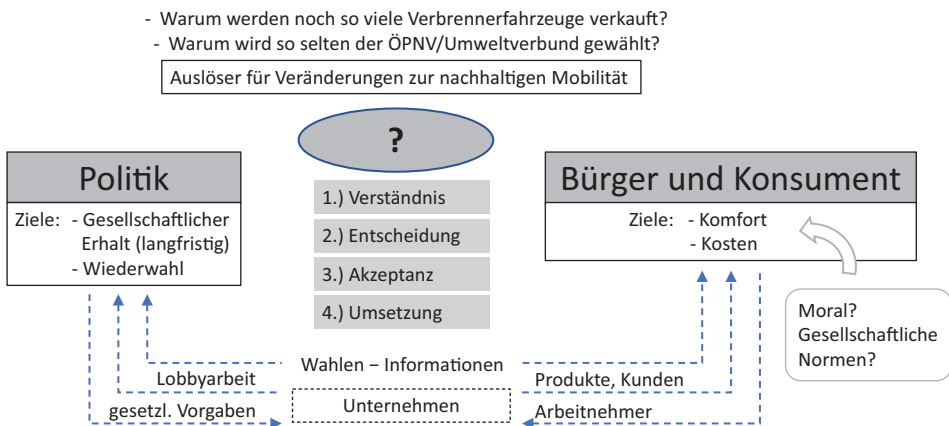


Bild 1.5 Unterschiedliche Zielhorizonte und Einflussmöglichkeiten für Veränderungsprozesse

Viele Ansätze zur Veränderung sind bekannt und quantifiziert. So beschreibt eine Studie des Umweltbundesamtes acht „Bausteine für einen klimagerechten Verkehr“ [UBA2024] detailliert die Möglichkeiten auf dem Weg hin zu einer nachhaltigen Mobilität. Es wird aber schnell deutlich, dass sich die Verkehrsplanung, das Verkehrsrecht und dann in Folge auch das Verhalten der Bürger ändern müssen.

Um die richtigen Entscheidungen, sowohl in der Politik als auch als Bürger und Konsument, treffen zu können, ist zunächst das grundlegende Verständnis der Zusammenhänge und Optionen wichtig. Hier setzt das vorliegende Buch an.

Es gibt viel Wissen, Methoden, Techniken, Anwendungserfahrungen. Sowohl Studierende als auch Entscheider in der Praxis, in der Politik, den Kommunen, den Unternehmen müssen sie kennen.

1.2 Aufbau des Buches

Um nachhaltige Lösungen im Bereich Mobilität finden zu können, ist die Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen und Organisationen notwendig. Neben dem Fahrzeugbau, Maschinenbau, der Elektrotechnik sind insbesondere auch die Stadtplanung, Verkehrstechnik, das Wirtschaftsingenieurwesen und die Energietechnik relevant.

Die notwendigen Prozesse und Methoden sollen hier aus verschiedenen Perspektiven dargestellt und die Schnittstellen zu den jeweils anderen Akteuren aufgezeigt werden. Neben der rein ingenieurwissenschaftlichen Perspektive sind insbesondere planerische und politische Aspekte bis zur kommunalen Bürgerbeteiligung von zentraler Bedeutung. So sollen Verständnis für die Anwendung dieser Prozesse geschaffen, relevante Grundlagen vermittelt sowie ausgewählte Praxisbeispiele vorgestellt werden.

Die Kapitel gliedern sich in drei thematische Abschnitte:

Abschnitt A: Einführung, neue Randbedingungen, Ziele für den Wandel

Hier werden in drei Kapiteln zunächst der Zielhorizont aus stadtplanerischer, energietechnischer und kommunaler Perspektive beschrieben:

- **Kapitel 2: Die Transformation der Mobilität als gesellschaftliche Aufgabe**
Aus einer stadtplanerischen Sicht werden hier zunächst grundlegende Theorien und Zielbilder für eine nachhaltige Mobilität eingeführt.
- **Kapitel 3: Der Primärenergiebedarf der Zukunft und die Auswirkungen auf die Mobilität**
Hier sollen die Verfügbarkeit von Energie und die aktuell diskutierten Alternativen zur Speicherung und Nutzung auf globaler und lokaler Ebene aufgezeigt werden.
- **Kapitel 4: Wandel zur nachhaltigen Mobilität aus kommunaler Perspektive**
Für die anstehenden Veränderungen sind politische Abläufe und die verschiedenen Interessengruppen, insbesondere in Städten, zu berücksichtigen.