

Lars-Oliver Gusig · Arne Kruse (Hrsg.)

Nachhaltige Mobilitätslösungen

Fahrzeuge, Antriebe, kommunale Perspektiven



HANSER

Gusig / Kruse (Hrsg.)
Nachhaltige Mobilitätslösungen



Ihr Plus – digitale Zusatzinhalte!

Auf unserem Download-Portal finden Sie zu diesem Titel kostenloses Zusatzmaterial. Geben Sie dazu einfach diesen Code ein:

plus-78vjp-1jh31

plus.hanser-fachbuch.de



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Lars-Oliver Gusig / Arne Kruse (Hrsg.)

Nachhaltige Mobilitätslösungen

Fahrzeuge, Antriebe, kommunale Perspektiven

HANSER

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.



Print-ISBN: 978-3-446-48083-4

E-Book-ISBN: 978-3-446-48153-4

Alle in diesem Werk enthaltenen Informationen, Verfahren und Darstellungen wurden zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Werk enthaltenen Informationen für Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht. Ebenso wenig übernehmen Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die endgültige Entscheidung über die Eignung der Informationen für die vorgesehene Verwendung in einer bestimmten Anwendung liegt in der alleinigen Verantwortung des Nutzers.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Werkes, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 UrhG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Wir behalten uns auch eine Nutzung des Werks für Zwecke des Text- und Data Mining nach § 44b UrhG ausdrücklich vor.

© 2024 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München

www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Frank Katzenmayer

Herstellung: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Covergestaltung: Tom West

Titelmotiv: © Laughing Cat / AdobeStock / KI-generiert, bearbeitet vom Autor

Satz: Eberl & Koesel Studio, Kempten

Druck: Elanders Waiblingen GmbH, Waiblingen

Printed in Germany

Inhalt

Vorwort	XIII
Die Autoren und Autorinnen	XV
1 Einleitung	1
<i>Lars Gusig</i>	
1.1 Problemstellung, warum neue Mobilitätslösungen?	2
1.2 Aufbau des Buches	8
2 Die Transformation der Mobilität als gesellschaftliche Aufgabe – Theorien, Grundlagen, Zielbilder	11
<i>Meike Levin-Keitel, Lisa Ruhrort</i>	
2.1 Nachhaltige Mobilität als gesellschaftliche Aufgabe	11
2.2 Die Mobilitätswende als sozio-technische Transformation zur Nachhaltigkeit	14
2.3 Nachhaltige Mobilität – Grundlagen und Wechselwirkungen	17
2.3.1 Grundlagen und Problemstellung	18
2.3.2 Wechselwirkungen zwischen Raumstrukturen und Verkehrsentstehung	20
2.4 Strategien und Zielbilder nachhaltiger Mobilität	22
2.4.1 Raumbezogene Strategien zur Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung	22
2.4.2 Zielbild einer nachhaltigen Mobilität	27
2.5 Schlussfolgerungen und Ausblick	28

3	Der Primärenergiebedarf der Zukunft und die Auswirkungen auf die Mobilität	33
	<i>Ronald Rose</i>	
3.1	Erneuerbarer Energiebedarf heute und in der Zukunft	33
3.1.1	Deckung des Energiebedarfs in Deutschland	33
3.1.2	Deckung des globalen Energiebedarfs	34
3.1.3	Inlandproduktion vs. Import	35
	3.1.3.1 Energieimport	36
	3.1.3.2 Wasserstoff	38
3.1.4	Politische Dimension	39
3.2	Energieproduktion und Herkunft	40
3.2.1	Nachhaltigkeit von Windanlagen	40
3.2.2	Photovoltaik	41
3.2.3	Biomethan	43
3.3	Speicherung von Energie	44
3.3.1	Batteriespeicher	44
3.3.2	Wasserstoff als Energiespeicher	45
3.4	Verkehr und Energie	46
3.5	Energiewende und deren Geschwindigkeit	50
3.6	Zeitliche Bewertung	52
3.6.1	Verlässliches politisches Handeln	52
3.6.2	Hochlauf	53
3.6.3	Sind die Klimaziele zeitlich überhaupt erreichbar?	54
3.6.4	Europa und die Welt	57
4	Wandel zur nachhaltigen Mobilität aus kommunaler Perspektive	61
	<i>Tim Gerstenberger</i>	
4.1	Urbane Mobilität	61
4.2	Mobilitätswende	65
4.3	Beteiligung und Mitwirkung	76
4.4	Aktive Mobilität – im Fokus: das Fahrrad!	81

5	Entwicklung von Technologien für die nachhaltige gewerbliche Mobilität	91
	<i>Christian Kassyda</i>	
5.1	Klimaschutz und Luftqualität als Treiber der Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr	91
5.1.1	Steigendes Angebot elektrischer leichter Nutzfahrzeuge	93
5.1.2	Rahmenbedingungen für einen gelungenen Markthochlauf gewerblicher Elektromobilität	94
5.1.2.1	Ladeinfrastruktur für gewerbliche Mobilität und Logistik	94
5.1.2.2	Weitere Anreize zur Elektrifizierung gewerblicher Flotten?	95
5.2	Die Zukunft ist jetzt: nachhaltige Mobilität durch autonome On-Demand-Services	98
5.2.1	Technische Aspekte bei der Entwicklung des autonomen Fahrens	100
5.2.2	Rechtlicher Rahmen	101
5.2.3	Strategischer Ausblick	104
6	Stadtlogistik der Zukunft	107
	<i>Arne Kruse, Christoph Drieling, Kian Seelaff</i>	
6.1	Problemstellung: Logistik und Stadt	110
6.2	Stakeholder	116
6.2.1	Versender	117
6.2.2	Konsumenten	118
6.2.3	Logistikunternehmen	118
6.2.4	Staatliche Akteure	119
6.3	Erfolgsfaktoren einer ganzheitlichen Stadtlogistik	122
6.4	Die Stadtlogistik als Ecosystem	127
6.4.1	Hardware	129
6.4.2	Software	131
6.4.3	Prozesse	132
6.5	Machbarkeitsstudie zur Umsetzung in einer Stadt	133
6.5.1	Datenerhebung und Beschreibung des Problemraums	134
6.5.2	Analyse der sozialen, ökologischen und ökonomischen Auswirkungen	139
6.5.3	Ergebnis und Nutzen für die Stadtlogistik	141

7	Neue Technologien und Geschäftsmodelle für nachhaltige Mobilität auf der Letzten Meile	149
	<i>Andreas Kissling</i>	
7.1	Neue Technologien und innovative Geschäftsmodelle in der Letzte-Meile-Logistik	151
7.1.1	Die Stützpunkte der Paketdistribution: Verteilzentren und Micro-Hubs	154
7.1.1.1	Der Start der Reise: das Verteilzentrum	154
7.1.1.2	Zweistufige Reise: Micro-Hubs	155
7.1.2	Distribution der Pakete: innovative Verkehrsmittel, intelligente Tourenplanung und Crowdshipping	156
7.1.2.1	Innovative Verkehrsmittel: Lastenfahrräder, Fähren und Lieferroboter	156
7.1.2.2	Intelligente Tourenplanung: die Probleme des Handlungsreisenden	158
7.1.2.3	Crowdshipping: Crowdsourcing für den Paketversand ..	161
7.1.3	Empfänger nicht angetroffen: Paketshops, Paketautomaten und Hinterlegung	162
7.2	Planung und Bewertung von Letzte-Meile-Geschäftsmodellen	163
7.2.1	Grundlage für nachhaltige Geschäftsstrategien: ein detailliertes Planungsmodell	164
7.2.2	Ökonomische, soziale und ökologische Nachhaltigkeit	171
8	Klassische Methoden und Prozesse in der Fahrzeugentwicklung	175
	<i>Lars-Oliver Gusig</i>	
8.1	Methoden im Produktentstehungsprozess für Fahrzeuge	176
8.1.1	Anforderungsmanagement	178
8.1.2	Kreativitätsmethoden	181
8.1.3	Auswahl- und Bewertungsmethoden	186
8.2	Grundlagen strategisches Management	189
8.2.1	Situations- und Wettbewerbsanalyse	189
8.2.2	Lieferantenmanagement	192
8.3	Kostenmanagement	194
8.3.1	Methoden zur Kostenschätzung	195
8.3.2	Design to Cost	200
8.3.3	Target Costing	202

9	Besonderheiten in der Entwicklung von Fahrzeugen mit E-Antriebssträngen und Batterien	207
	<i>Karl Müller</i>	
9.1	Zeitliche/räumliche Einordnung	207
9.2	Gesellschaftlicher Aspekt: individuelle Mobilität und Stadtgesellschaften	208
9.3	Technischer Aspekt: Systemkomplexität	212
9.4	Technischer Aspekt: Effizienz und Primärfunktion	215
9.4.1	Output über Input: OI-Effizienz im Zyklus	216
9.4.1.1	Die OI1-Fahrzeug-Effizienz, Relevanz für die Energiekosten	216
9.4.1.2	Die OI2-Fahrzeug-Effizienz zur Bestimmung der Reichweiten	218
9.4.2	Der Wirkungsgrad als Energiewandlungseffizienz η eines Energiewandlungssystems	220
9.4.3	Das Fahrzeug als Energiewandlungssystem	223
9.5	Betrachtung technischer und gesellschaftlicher Aspekte (u. a. ökonomisch, politisch und gesetzlich) aus der Fahrzeugnutzpersicht (Kundenperspektive)	226
9.6	Fazit zu Besonderheiten in der Entwicklung von Fahrzeugen mit E-Antriebssträngen und Batterien	230
10	Projekt- und Change-Management von komplexen Projekten	233
	<i>Sebastian Herbst</i>	
10.1	Projektmanagement	233
10.1.1	Projektphasen und -zyklus	233
10.1.2	Projektmanagement – Methoden und Tools	237
10.2	Change-Management	238
10.2.1	Grundlagen des Change-Managements	238
10.2.2	Notwendigkeiten von Veränderungen	239
10.2.3	Lewins Veränderungsmodell	239
10.2.4	Kotters 8-Phasen-Modell	241
10.2.5	Kommunikation im Change-Management	242
10.2.6	Mitarbeitermotivation	244
10.2.7	Ursachen und Umgang mit Widerstand	245
10.2.8	Leadership im Veränderungsprozess	246

10.3	Integration von Projekt- und Change-Management	247
10.3.1	Synergien zwischen Projekt- und Change-Management	247
10.3.2	Gemeinsame Ziele und Schnittstellen	247
10.3.3	Fallstudie einer erfolgreichen Integration	248
11	Einsatzgebiete von Wasserstoff für die nachhaltige Mobilität	253
	<i>Alexander Bedrunka, Ulrich Lüdersen</i>	
11.1	Einführung in die grüne Wasserstoffwirtschaft	253
11.1.1	Grüner Wasserstoff – Herstellung und Einsatzgebiete außerhalb des Verkehrssektors	254
11.1.2	Wasserstoffbedarfe und -kosten	257
11.2	Technologische Möglichkeiten für den Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor	260
11.3	Einsatz von Wasserstoff in unterschiedlichen Bereichen des Verkehrssektors	264
11.3.1	Straßenverkehr und Tankstelleninfrastruktur	265
11.3.2	Luft-, Schiffs- und Schienenverkehr	267
11.4	Zusammenfassung	270
12	Netzwerkbildung zwischen Hochschulen, Kommunen und Herstellern	275
	<i>Lars-Oliver Gusig</i>	
12.1	Potenziale von Netzwerken unterschiedlicher regionaler Akteure	275
12.2	Möglichkeiten zur Initiierung und Unterstützung kommunaler Veränderungsprozesse	279
12.2.1	Projekt Ladeinfrastruktur aha	280
12.2.2	Projekt Wilksch-Ellies	283
12.2.3	Projekt Salzhemmendorf	285
12.3	Beispiele Netzwerke aus der Region Hannover	287
12.3.1	Klimaweisen-Rat	290
12.3.2	Projektinitiative Urbane Logistik	292
12.3.3	Konsortialprojekt zum Ladeinfrastrukturaufbau	296

13	Klimafreundliche Mobilität im Landkreis Hameln-Pyrmont ..	301
	<i>Corinna Menze</i>	
13.1	Teilkonzept Klimafreundliche Mobilität	302
13.2	Koordinierungsstelle Klimafreundliche Mobilität	306
13.2.1	Umsetzungsstrukturen und Kampagnen	309
13.2.2	Alternative Antriebe	312
13.2.3	Radverkehr	315
13.2.4	ÖPNV	316
13.2.5	Intermodalität	318
13.3	Fazit	319
14	Bündeln von Kompetenzen am Beispiel der Plattform Urbane Mobilität (PUM)	323
	<i>Christian Kassyda, Tim Gerstenberger</i>	
14.1	Raumkategorien der urbanen Modellstadt	324
14.2	Kern- und Innenstädte	325
14.3	Gemischte Quartiere (2. Ring)	326
14.4	Quartiere im Geschosswohnungsbau	327
14.5	Suburbane Wohnquartiere (Einzel-/Reihenhäuser)	329
14.6	Gewerbegebiete (äußerer Ring)	330
14.7	Zwischenresümee PUM und Übertragbarkeit	331
	Index	359



Auf plus.hanser-fachbuch.de zum Download
verfügbar:

– Antworten zu den Verständnisfragen

Vorwort

Ein Buch zur nachhaltigen Mobilität? Das ist doch schon alles bekannt!

Wir haben uns gefragt, warum an vielen Stellen der Wandel, die Veränderungen hin zum Besseren so lange dauern und immer wieder auf Widerstände stoßen? Es ist doch physikalisch, mathematisch so einfach, so klar?

Seit über 20 Jahren arbeiten wir in unterschiedlichsten Projekten und Kontexten im Bereich Fahrzeugbau und Mobilität. Nachdem wir in 2010 schon gemeinsam das Buch „Fahrzeugentwicklung im Automobilbau“ herausgegeben hatten, stellte sich die Frage, wie kann man das auf einen aktuellen Stand bringen? Einfach eine zweite Auflage? Das wäre leichter gewesen, hätte aber nicht die drängenden Probleme der Zeit adressiert.

Heute werden in der Öffentlichkeit lebhaft verschiedene Antriebskonzepte, Fördermodelle oder städteplanerische Ansätze diskutiert – oft ohne das notwendige Fachwissen. Es wird über Konzepte gestritten, die man eigentlich nicht verstanden hat.

Unser Ansatz ist daher, den Kontext fachlich zu verbreitern. Es geht hier nicht mehr vorrangig um den Automobilbau. Zentrale neue Elemente sind die Stadt- und Verkehrsplanung, die Energie- und Wasserstoffwirtschaft sowie die Logistik. In Kombination mit den klassischen Ingenieurwissenschaften und der Unternehmenssichtweise ergibt sich ein Gesamtbild, das „Nachhaltige Mobilitätslösungen“ ganzheitlich abbildet. In dem Zusammenhang freuen wir uns über unsere zwölf Kolleginnen und Kollegen, die mit ihrer jeweiligen Fachexpertise dieses Gesamtbild möglich gemacht haben. Einen herzlichen Dank an das Autorenteam!

Dieses Buch ist unseren Kindern Emma, Lisa, Martha, Bennet und Patrick gewidmet.

Weniger im Sinne einer klassischen Widmung, vielmehr dahingehend, dass wir hoffen, dass sie in den kommenden Jahren eine vermehrt nachhaltige Mobilität sehen, erleben und ganz alltäglich nutzen können. Diese nächste Generation bringt sich,

nach unserem Eindruck, auch heute schon aktiv und mit Begeisterung an vielen Stellen in die Diskussionen mit ein. Das macht uns Hoffnung und Freude!

Bedanken möchten wir uns bei den vielen Projekt- und Kooperationspartnern, bei denen wir viele Aspekte dieses Buches hautnah in der Praxis erleben konnten. Das sind Partner aus der kommunalen Verwaltung, der Verkehrsplanung, der Wirtschaftsförderung, den Klimaschutzleitstellen und der Industrie in verschiedenen Forschungsprojekten. Der Dank geht auch an die Studierenden und Mitarbeitenden im Institut für Konstruktionselemente, Mechatronik und Elektromobilität (IKME), im Institut für Verfahrenstechnik, Energietechnik und Klimaschutz (IVEK) und an die Kolleginnen und Kollegen im Forschungszentrum Energie, Mobilität, Prozesse (FZ EMP) der Hochschule Hannover. Ebenso danken wir den Mitarbeitern der Firma Orbitak und der Firma Rytle. Die Kollegen haben durch zusätzliches Engagement neben ihrer herausfordernden Arbeit dieses Buch ermöglicht. Für die gute Unterstützung bei der Buchgestaltung möchten wir dem Carl Hanser Verlag, hier besonders Herrn Frank Katzenmayer und Frau Christina Kubiak für die angenehme Zusammenarbeit danken.

Besonders hervorzuheben ist – natürlich! – die Geduld und Toleranz unserer Familien. Die zusätzliche zeitliche Belastung haben sie geduldig akzeptiert. Und manchmal durch motivierende Worte zusätzlich unterstützt. Herzlichen Dank!

Wir würden uns freuen, wenn die Darstellungen und Ansätze in die aktuell lebhaftere Diskussion, aber auch in die Ausbildung eingehen und sich so schrittweise weiterentwickeln.

Für Rückmeldungen, Hinweise, natürlich auch Korrekturen aus dem Leserkreis sind wir gerne zu erreichen!

Kontakt: *Lars.Gusig@hs-hannover.de*

Hannover, im Juli 2024

Lars-Oliver Gusig, Arne Kruse

Die Autoren und Autorinnen



Dr. Alexander Bedrunka ist Wasserstoffexperte und Projektleiter des Niedersächsischen Wasserstoff-Netzwerks. Er berät und unterstützt Politik, Wirtschaft und Wissenschaft dabei, den Aufbau einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft voranzutreiben.



Christoph Drieling ist seit 15 Jahren in diversen Logistik- und Leitungsfunktionen tätig, hauptsächlich im E-Commerce und der Letzten Meile. Aktuell entwickelt er innovative Logistiklösungen für urbane Räume, insbesondere mit dem Einsatz von Mikromobilität und intermodalen Transportnetzwerken und implementiert diese in verschiedenen internationalen Städten.



Tim Gerstenberger hat in seiner Tätigkeit als Verkehrsplaner im privatwirtschaftlichen und kommunalen Umfeld einen breiten Erfahrungsschatz in der strategischen, multi- und intermodalen Verkehrsentwicklungs- und Mobilitätsplanung aufgebaut. Er lebt das kontinuierliche Zusammenwirken mit Akteur*innen der Zivilgesellschaft, Wissenschaft, Wirtschaft, Verbänden und Politik als Grundlage für eine nachhaltige Verkehrs- und Mobilitätswende.



Prof. Dr.-Ing. Lars-Oliver Gusig hat das Institut für Fahrzeugbau in Wolfsburg geleitet und ist seit 2007 an der Hochschule Hannover. Er lehrt die Fächer Konstruktion, Produktentwicklungsmethoden und Fahrzeugantriebstechnik, ist Mitgründer des Institutes für Konstruktionselemente, Mechatronik und Elektromobilität (IKME) und des Forschungszentrums Energie, Mobilität, Prozesse (FZ EMP). Als Mitglied im Klimawaisen-Rat der Region Hannover hat er Kontakt zu verschiedenen kommunalen Akteuren und Verbänden.



Sebastian Herbst ist Geschäftsführer des ROTH INSTITUTS, das sich mit dem Praxistransfer von Forschungsthemen im Bereich der Organisationsentwicklung, Führung und Change-Management befasst. In seiner Rolle verantwortet er die Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in praxisorientierte Konzepte. Darüber hinaus ist er als Dozent für Betriebswirtschaftslehre an der Hochschule Bremen tätig und unterrichtet zu den Themen Organisation und Führung.



Christian Kassyda ist seit 2015 bei einem führenden deutschen Automobilhersteller im Bereich der politischen Interessenvertretung tätig. In diesem Kontext beschäftigt er sich mit Rahmenbedingungen für einen gelingenden Markthochlauf der Elektromobilität, speziell für leichte Nutzfahrzeuge, für autonomes Fahren und neue Mobilitäts-services. Zudem leitet er eine Arbeitsgruppe zum Thema Urbaner Wirtschaftsverkehr beim europäischen Automobilherstellerverband ACEA.



Andreas Kissling ist Unternehmensberater mit 15 Jahren Berufserfahrung. Neben seiner Tätigkeit als Berater war er als Linienmanager in der Geschäftsleitung und im IT-Projektmanagement großer Einzelhandelsketten tätig. Er entwickelt Künstliche Intelligenz-Systeme, die das Management-Reporting optimieren und die Erstellung von Businessplänen unterstützen.



Dr. Arne Kruse ist Gründer und Vorstandsvorsitzender der weltweit tätigen Strategieberatung Orbitak AG mit Sitz in Bremen. Er studierte Elektrotechnik und Wirtschaftswissenschaft, promovierte beim Fraunhofer IFAM und berät seit 1996 Unternehmen mit dem Schwerpunkt Fahrzeugentwicklung und Market Research. Seit 2007 hat er als Geschäftsführer Unternehmen im Bereich IT, Neurowissenschaft und Mikromobilität für die Letzte Meile Logistik aufgebaut und ist als Dozent an verschiedenen Universitäten tätig.



Univ.-Prof.'in Dr. Meike Levin-Keitel leitet an der Universität Wien die Arbeitsgruppe Spatial Research and Spatial Planning am Institut für Geographie und Regionalforschung. Sie lehrt und forscht zu räumlicher Planung, insbesondere Planungstheorie sowie der räumlichen Transformation zur Nachhaltigkeit. Ihre Expertise im Mobilitätssektor baut auf der Leitung der Forschungsgruppe „MoveMe – die sozio-räumliche Transformation zu nachhaltigem Mobilitätsverhalten“ auf.



Prof. Dr.-Ing. Ulrich Lüdersen leitet das Forschungszentrum Energie-Mobilität-Prozesse (FZ EMP) an der Hochschule Hannover. Er ist Gründer des Energy-Live-Labors der HsH und erforscht und implementiert Konzepte zur Integration von Wasserstoff als Energieträger in Industrieprozessen.



Corinna Menze arbeitet bei der target GmbH in Hameln an Projekten zum kommunalen Klimaschutz. Schwerpunkte ihrer Arbeit sind Projekt- und Qualitätsmanagement, Datenvisualisierung und Akteursbeteiligung.



Dr. Karl Müller arbeitet seit 2003 in der automobilen Großserienentwicklung. Bei einem großen deutschen Automobilzulieferer verantwortete den Aufbau des Systemtests für elektrische Antriebe. Er ist seit 2011 bei einem führenden deutschen Automobilhersteller in der Antriebsentwicklung tätig und seit 2019 auf energetische Analysen elektrischer Fahrzeuge in der frühen Entwicklungsphase und Wettbewerbsanalyse spezialisiert.



Ronald Rose ist geschäftsführender Gesellschafter der Bremer Mineralölhandel GmbH. Er studierte Volkswirtschaftslehre und Verwaltungswissenschaften und beschäftigt sich seit 2010 mit Mobilität in Praxis und Theorie, seit 2023 insbesondere auch mit Mikromobilität in Städten. Er ist Mitglied im Oldenburger Energiecluster e. V. und beteiligt sich an diversen Projekten in Nord- und Westdeutschland.



Dr. Lisa Ruhroth ist Leiterin des Teams „Stadt- und Regionalverkehr“ im Forschungsbereich Mobilität am Deutschen Institut für Urbanistik. Sie war zuvor Professorin für Innovations- und Changemanagement an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen. Seit rund 15 Jahren forscht sie in einer Vielzahl von Projekten zu den Voraussetzungen für eine Transformation zu nachhaltiger Mobilität.

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 Atomtrieb 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).

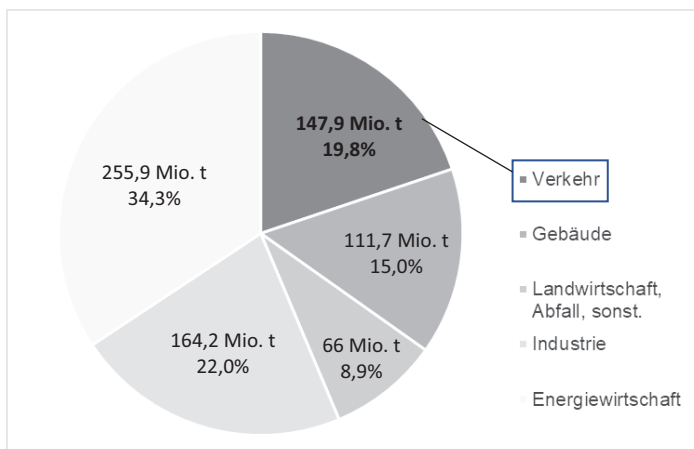


Bild 1.1 Anteil der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor in Deutschland, Datenquelle: UBA, Stand: 3/2023 [UBA2024]

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.

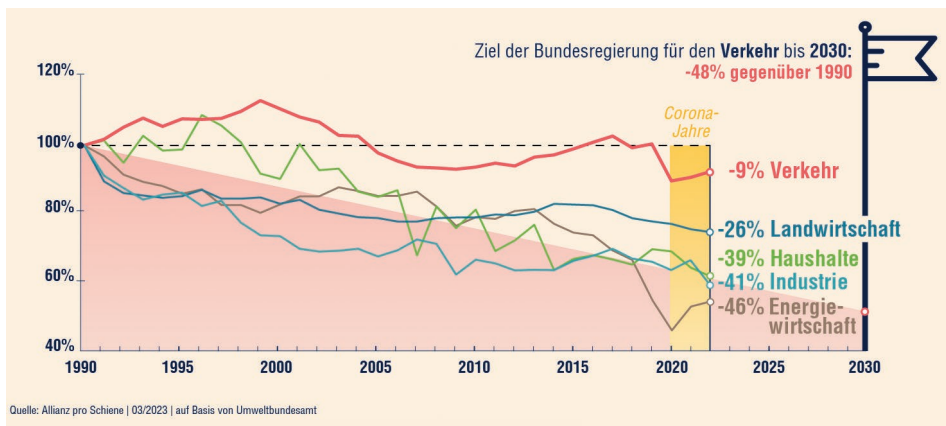


Bild 1.2 Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland, Quelle: Allianz pro Schiene (03/2023) auf Basis von Daten des Umweltbundesamts

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?

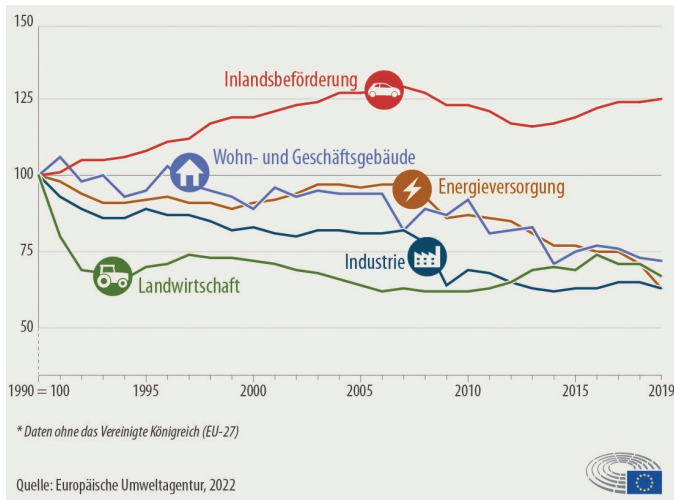


Bild 1.3 Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Europa, Quelle: Europäische Umweltagentur 2022

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.

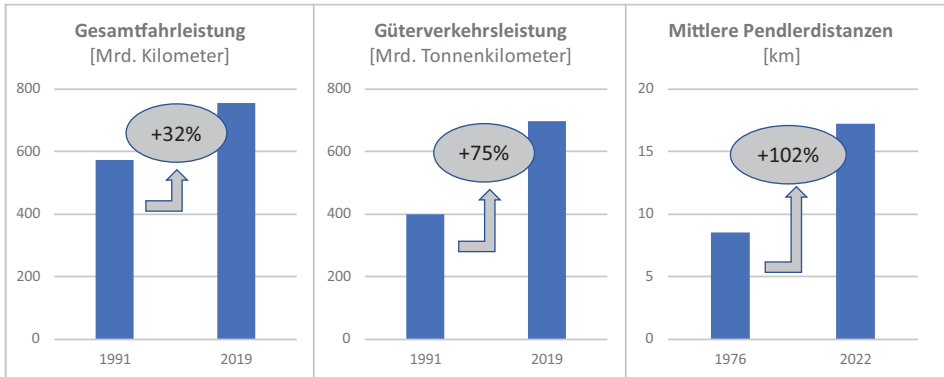


Bild 1.4 Zunahme der Gesamtfahrleistung, der Güterverkehrsleistung und der Pendlerdistanzen in den letzten Jahren, Datenquellen: [BMDV2024], [Agor2021], [DeAt2022]

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.

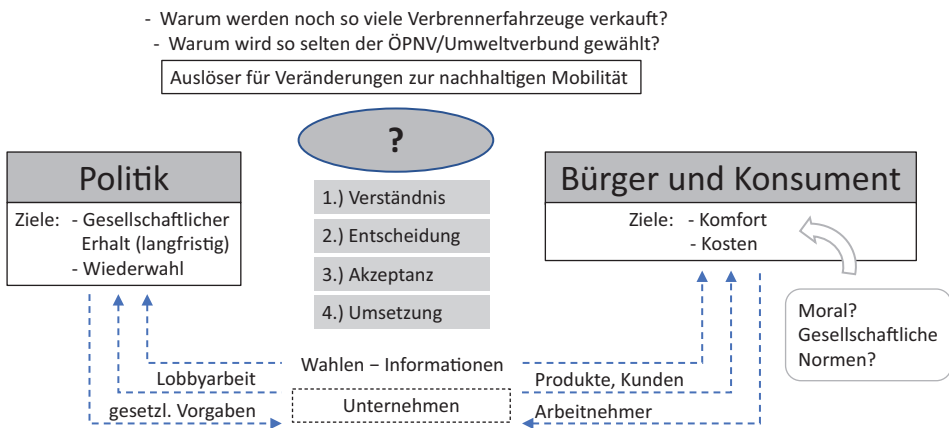


Bild 1.5 Unterschiedliche Zielhorizonte und Einflussmöglichkeiten für Veränderungsprozesse

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.