

# FAT-Schriftenreihe 382

Forschungsperspektiven für Mobilität in klimaneutralen Städten 2045  
Explorative Szenarioanalyse und innovationspolitische Handlungsempfehlungen



**Forschungsperspektiven für Mobilität in  
klimaneutralen Städten 2045**  
Explorative Szenarioanalyse und innovationspolitische  
Handlungsempfehlungen

**Forschungsstellen:**

Dr. Steffen Braun, Patrick Ruess, Jens Leyh, Felix Stroh, Anna Eberhardt, Lena Garmajer

**Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO**

Dr. Manuela Weber, Florian Hacker, Peter Kasten

**Öko-Institut**

**Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln der Forschungsvereinigung  
Automobiltechnik e.V. (FAT) gefördert.**

# Inhalt

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Vorwort</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Management Summary</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Einleitung</b> .....	<b>11</b>
3.1 Ausgangssituation und Zielsetzung .....	11
3.2 Stand der Praxis und Forschungsbedarf.....	11
3.2.1 Perspektive 1: Zeitliche Entwicklung von Verkehrs- und Stadtentwicklungspolitik .	12
3.2.2 Perspektive 2: Verhältnis von Automobil und Stadtraum .....	15
3.3 Vorgehensweise und Aufbau der Studie .....	17
<b>4 Referenzrahmen und Analyse bestehender Positionen</b> .....	<b>19</b>
4.1 Zukünftige Verkehrs- und Stadtentwicklung als Mehrebenensystem .....	19
4.1.1 Globale Ebene.....	20
4.1.2 Europäische Ebene .....	21
4.1.3 Nationale und kommunale Ebene .....	22
4.2 Existierende Szenarien als Leitplanken.....	22
<b>5 Strategische Handlungsfelder und Einflussfaktoren</b> .....	<b>25</b>
5.1 Handlungsfeld 1: Infrastruktur .....	25
5.2 Handlungsfeld 2: Internationale Märkte & Wettbewerb .....	26
5.3 Handlungsfeld 3: Raumstruktur, Bestand und Stadtentwicklung .....	27
5.4 Handlungsfeld 4: Fördermöglichkeiten und Innovationspolitik .....	28
5.5 Handlungsfeld 5: Geschäftsmodelle, Services und Betrieb .....	29
5.6 Handlungsfeld 6: Klima und Umwelt .....	30
5.7 Handlungsfeld 7: Gesellschaft, soziales Umfeld, Akzeptanz .....	31
5.8 Handlungsfeld 8: Aktive Mobilität, Umweltverbund, Öffentlicher Verkehr (ÖV).....	32
5.9 Handlungsfeld 9: Technologieentwicklung und Transformation .....	33
5.10 Handlungsfeld 10: Politik und Verwaltung .....	34
<b>6 Explorative Szenario-Entwicklung für 2045</b> .....	<b>36</b>
6.1 Vorgehensweise .....	36
6.2 Szenario 1: Dezentrali.sation.....	37
6.3 Szenario 2: Retrofit.city.....	42
6.4 Szenario 3: Electri.city .....	46
<b>7 Klima- und innovationspolitische Maßnahmen und Instrumente</b> .....	<b>51</b>
7.1 Klimapolitische Strategieentwicklung und Maßnahmenableitung.....	51
7.2 Strategiebewertung von Klimaeffekten.....	54
7.2.1 Wesentliche Erkenntnisse aus der Wirkungsbewertung .....	61
7.3 Exkurs: Klimaschutz-Wirkung auf nationaler Ebene - Erweiterung der Bewertung .	62
7.3.1 Fazit zu den weiteren Studienergebnissen auf nationaler Ebene .....	64
7.4 Abgleich von förder- und innovationspolitischen Maßnahmen.....	65
<b>8 Implikationen für Mobilität in klimaneutralen Städten</b> .....	<b>70</b>
<b>9 Ausblick auf Folgeprojekt: Machbarkeitsstudie für nationales Reallabor ...</b>	<b>75</b>
9.1 Verortung: Bad Cannstatt, Stuttgart .....	75
9.2 Maßnahmenbündel für klimaneutrale Städte .....	76
9.2.1 Prozess-Innovationen und Akzeptanz.....	77

9.2.2	Schaffung attraktiver innerstädtischer Mobilitätsräume .....	77
9.2.3	Schaffung attraktiver innerstädtischer Mobilitätsalternativen .....	78
9.2.4	Nachhaltige Gestaltung des Wirtschaftsverkehrs.....	79
9.3	Wirkungsanalyse .....	80
<b>1 0</b>	<b>Fazit und Ausblick .....</b>	<b>82</b>
<b>1 1</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>83</b>
<b>1 2</b>	<b>Annex .....</b>	<b>91</b>
12.1	Dokumentation der Workshops .....	91
	Workshop #1 (11.05.22).....	91
	Workshop #2 (12.07.22).....	91
	Workshop #3 (14.09.22).....	91
	Workshop #4 (25.10.22).....	91
	Workshop #5 (06.12.22).....	91
12.2	Liste der Zukunftsprojektionen .....	92
12.3	Machbarkeitsstudie – Ergebnisse der Wirkungsanalyse .....	94

## Abkürzungsverzeichnis

BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
CO <sub>2</sub> -Äq.	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
COP	UN-Klimakonferenz
DUT	Driving Urban Transitions
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
ESG	Envrionmental, Social, Governance
EW	Einwohnerinnen/Einwohner
FAT	Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V.
FOMOS	Forschungsstudie Mobilität in klimaneutralen Städten 2045
FuE	Forschung- und Entwicklungs-
ggü	gegenüber
HID	Housing Improvement District
IAO	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
KEP	Kurier-Express-Paket-Dienste
KI	Künstliche Intelligenz
KoTAM	Koordinierung der Testfelder Autonome Mobilität in Deutschland
MIV	motorisierter Individualverkehr
MPSC	Modellprojekte Smart Cities des Bundes
NDCs	Nationally Determined Contributions
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
NPM	Nationale Plattform Zukunft der Mobilität
NPZ	Nationale Plattform Zukunftsstadt
NSP	Nationale Stadtentwicklungspolitik
NUA	New Urban Agenda
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PUM	Plattform Urbane Mobilität
SDGs	Sustainable Development Goals
SLAM	Schnell-Ladenetz für Achsen und Metropolen
SPRIND	Bundesagentur für Sprunginnovation
StVG	Straßenverkehrsgesetz
StVO	Straßenverkehrsordnung
SUMP	Sustainable Urban Mobility Plan
UN	Vereinten Nationen
V2G	vehicle-to-grid
V2H	vehicle-to-home
V2I	vehicle to infrastructure
VAE	Vereinigte Arabische Emirate
VDA	Verband der Automobilindustrie e.V.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Unterschiede zwischen PKW-Generationen in typischem Straßenraum. ....	16
Abbildung 2: Projektstruktur und -ablauf der Forschungsstudie inklusive Umsetzung.....	18
Abbildung 3: Mehrebenensystem für zukünftige Stadtentwicklung (eigene Abbildung) .....	20
Abbildung 4: Zukunftsraum mit Handlungsfeldern im Überblick (Fotos: Unsplash) .....	25
Abbildung 5: Szenario-spezifischen Maßnahmen und Instrumente .....	53
Abbildung 6: Indikatoren zur Nachhaltigkeitsbewertung .....	53
Abbildung 7: Szenario Dezentrali.sation.....	55
Abbildung 8: Szenario Retrofit.city.....	57
Abbildung 9: Szenario Electri.city .....	58
Abbildung 10: Szenarien im Vergleich.....	60
Abbildung 11: Übersicht der Maßnahmenbündel der FOMOS Machbarkeitsstudie inkl. Einzelmaßnahmen, Quelle: Eigendarstellung, Fraunhofer IAO.....	76
Abbildung 12: Indikatorbasierte Betrachtung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeitswirkung des Maßnahmenbündel 2 (SAR), Quelle: Eigendarstellung Fraunhofer IAO nach den Ergebnissen des Öko-Institut e.V.....	80
Abbildung 13: Indikatorbasierte Betrachtung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeitswirkung des Maßnahmenbündel 3 (SAA); Quelle: Eigendarstellung Fraunhofer IAO nach den Ergebnissen des Öko-Institut e.V.....	80
Abbildung 14: Indikatorbasierte Betrachtung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeitswirkung des Maßnahmenbündel 4 (NGW); Quelle: Eigendarstellung Fraunhofer IAO nach den Ergebnissen des Öko-Institut e.V.....	80

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Innovationspolitische Plattformen in Deutschland .....	12
Tabelle 2: Projekte, Meilensteine, Maßnahmen und Aktivitäten in Verkehrs- und Stadtentwicklung (Zeitraum: 2008-2023).....	14
Tabelle 3: Beispiele europäischer Transformationsprojekte.....	17
Tabelle 4: Übersicht zu relevanten Publikationen und Vorarbeiten zu Szenario- Entwicklungen in der urbanen und klimaneutralen Mobilität .....	23
Tabelle 5: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Infrastruktur«.....	26
Tabelle 6: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Internationale Märkte & Wettbewerb«.....	26
Tabelle 7: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Raumstruktur, Bestand und Stadtentwicklung«.....	27
Tabelle 8: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Fördermöglichkeiten und Innovationspolitik« .....	29
Tabelle 9: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Geschäftsmodelle, Services und Betrieb«.....	30
Tabelle 10: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Klima und Umwelt«.....	31
Tabelle 11: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Gesellschaft, soziales Umfeld, Akzeptanz«.....	32
Tabelle 12: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Aktive Mobilität, Umweltverbund, ÖV« .....	33
Tabelle 13: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Technologieentwicklung und Transformation« .....	34
Tabelle 14: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Politik, Verwaltung«.....	35
Tabelle 15: Übersicht über die dominanten Zukunftsprojektionen in den Szenarien .....	36
Tabelle 16: Vergleichende Indikatoren - Dezentrali.sation .....	38
Tabelle 17: Projektionen im Szenario Dezentrali.sation .....	38
Tabelle 18: Maßnahmen und Instrumente im Szenario Dezentrali.sation .....	41
Tabelle 19: Vergleichende Indikatoren – Retrofit.city .....	43
Tabelle 20: Projektionen im Szenario Retrofit.city.....	43
Tabelle 21: Maßnahmen und Instrumente im Szenario Retrofit.city.....	45
Tabelle 22: Vergleichende Indikatoren – Electri.city.....	47
Tabelle 23: Projektionen im Szenario Electri.city.....	47
Tabelle 24: Maßnahmen und Instrumente im Szenario Electri.city.....	50
Tabelle 25: Auszug aus der Studie »Klimaneutrales Deutschland 2045«.....	62
Tabelle 26: Auszug aus der Studie »Klimapfade 2.0«.....	63
Tabelle 27: Auszug aus der Studie »Klimaschutz im Verkehr«.....	64
Tabelle 28: Schlüsselfaktoren und Projektionen .....	92
Tabelle 29: Erläuterung der berücksichtigten Nachhaltigkeitsindikatoren als Grundlage für die Maßnahmenbewertung.....	94
Tabelle 30: Vergleichende indikatorbasierte Bewertung der Einzelmaßnahmen – Maßnahmenbündel SAR .....	94
Tabelle 31: Vergleichende indikatorbasierte Bewertung der Einzelmaßnahmen – Maßnahmenbündel SAA & NGW .....	95

# 1 Vorwort

Wer weiß genau, wie unsere Städte und Regionen in Deutschland im Jahr 2045 aussehen werden, wenn wir die Klimaschutzziele hoffentlich erreicht haben? Ist Mobilität dabei »nur« ein Sektor neben anderen oder mit seinen technologischen und ökonomischen Chancen ein Gestaltungsfeld, welches wir neben dem Wandel zur Elektromobilität zu verkürzt betrachten? Eines steht fest: Mobilitäts- und Stadtsysteme sind nicht erst seit der Erfindung des Automobils untrennbar miteinander verbunden. Bereits die Hightech-Strategie 2020 beschrieb im Jahr 2010 die Vision der CO<sub>2</sub>-neutralen, energieeffizienten und klimaangepassten Morgenstadt für die urbane Transformation. Die neue Zukunftsstrategie der Bundesregierung formuliert im Jahr 2023 wieder den integrierten Ansatz, Mobilität, Gebäude sowie Stadt- und Regionalentwicklung integriert und nachhaltig zu gestalten.

Mit der vorliegenden Studie FOMOS (Forschungsstudie Mobilität in klimaneutralen Städten 2045) werden zur Umsetzung dieser Generationenaufgabe drei explorative Zukunftsszenarien und -pfade bis 2045, die Strategiebewertung der jeweiligen Klimaeffekte sowie innovationspolitische Handlungserfordernisse für heute identifiziert und qualifiziert. Im Kern steht ein 9-Punkte-Programm als Eckpunkte für eine dringend erforderliche Innovationsoffensive mit nationalen Reallaboren, flexibler Regulatorik und gezielten Transferstrukturen, um in den nächsten Jahren die Weichen zu stellen. Entscheidend dafür ist unter anderem die umfassende Stärkung der kommunalen Ebene sowie neue Partnerschaften zwischen Verwaltung, Wirtschaft, Gesellschaft, Politik und Forschung.

Als Beitrag für eine Verwirklichung der Transformationsszenarien wird im Anschluss eine Machbarkeitsstudie durchgeführt (FOMOS II), die die entwickelten Hypothesen und Maßnahmen mit den realen Rahmenbedingungen aktueller Kommunalpolitik abgleicht und auf ihre Nachhaltigkeit prüft. Die Machbarkeitsstudie untersucht den Stuttgarter Stadtteil Bad Cannstatt. In Kooperation zwischen Fraunhofer IAO, dem Öko-Institut, der Landeshauptstadt Stuttgart und unter Beteiligung der Mitglieder des Arbeitskreis 7 des VDA werden auf Basis der Vorarbeiten konkrete Maßnahmen für die innovationspolitische Umsetzung und Erreichung der Klimaschutzziele in der Mobilitäts- und Stadtentwicklung identifiziert, räumlich verortet und anhand ihrer Wirkung analysiert. Für eine nachhaltige urbane Entwicklung sind koordinierte Maßnahmenpakete entscheidend, die CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch ineinandergreifende Effekte maximieren. Gesellschaftliche Akzeptanz und Innovationen lassen sich durch ko-kreative Prozesse, digitale Modelle und flexible Nutzung urbaner Räume stärken. Gleichzeitig erfordert die Transformation neue Geschäftsmodelle und die Etablierung von Standards, um Klimaziele mit sozialer Gerechtigkeit und Lebensqualität zu verbinden und eine effiziente Skalierung von Lösungen zu ermöglichen.



Die Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) des Verbands der Automobilindustrie e.V. startete im April 2022 mit dem Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) und dem Öko-Institut e.V. das Projekt *FOMOS – Forschungsstudie Mobilität in klimaneutralen Städten 2045*. Ziel war es, durch Methoden der Zukunftsforschung, der Umweltbilanzierung und innovationspolitischer Strategieentwicklung neue Instrumente und Bedarfe für die Zielvisionen nachhaltiger, klimaneutraler Mobilität und Städte zu identifizieren und systemische Handlungserfordernisse abzuleiten.

In einem explorativen Szenarioprozess wurden mit Vertreterinnen und Vertretern der Automobil-, Zuliefer- und Infrastrukturwirtschaft des FAT-Arbeitskreis 7 (Optimierung System Straßenverkehr), der Wissenschaft sowie kommunalen Expertinnen und Experten der Plattform Urbane Mobilität (PUM) (der Städte Hannover, Stuttgart, Leipzig, Ludwigsburg und Düsseldorf) konsistente und visionäre Zukunftsbilder für das Jahr 2045 konstruiert, in dem wir spätestens klimaneutrale Städte und Mobilität haben werden. Die positiven Extremszenarien wurden in mehreren aufeinander aufbauenden Analyseschritten untersucht: Über Rückprojektion in die heutige Situation (Backcasting) wurden erfolgskritische Rahmenbedingungen und zielführende Schlüsselmaßnahmen identifiziert und validiert. Durch eine ergänzende Evaluation der resultierenden Strategien hinsichtlich ihrer qualitativen Klimaeffekte konnten für jedes Szenario wichtige Ableitungen getroffen werden. Mittels einer darüberhinausgehenden Analyse wurden die Anforderungen an erforderliche innovationspolitische Rahmenbedingungen auf europäischer, nationaler und kommunaler Ebene (Multi-Level) identifiziert.

Es zeigt sich, dass alle drei Szenarien und Strategien auf unterschiedliche Art einen Beitrag zu ökologischer, ökonomischer und sozialer Nachhaltigkeit leisten können. Im direkten Vergleich wird auch deutlich, dass alle identifizierten Handlungsoptionen mit einem erhöhten Finanzierungsbedarf einhergehen. Hierzu sind insbesondere koordinierte Investitionen im Rahmen einer integrierten Stadtentwicklung und Mobilitätsplanung entscheidend [18]. Diese entstehen nicht nur durch den Ausbau bestehender Infrastrukturen, sondern auch durch intensive Planungs- und Umsetzungsverfahren, die kommunal gesteuert werden müssen. Hier wird aus der Szenarioanalyse und dem engen Austausch mit den Kommunen ersichtlich, dass ohne leistungsfähige kommunale Verwaltungen als ausführende Organe kein Erfolg möglich sein wird. Dabei wird dies aufgrund des demographischen Wandels kaum mehr durch Personalkapazitäten möglich sein: Es bedarf unter anderem automatisierter Planungs- und Genehmigungsprozesse, neuer Partnerschaften mit der Wirtschaft, umfassender Entbürokratisierung, technologischer Sprünge (Leap-Frogging) und großmaßstäblicher Realexperimente, um diese Transformation von Stadt und Mobilität zielgerecht zu bewältigen.

Hieraus wird zusammenfassend ein 9-Punkte-Programm für die erfolgreiche klimagerechte Transformation von Stadt und Mobilität sowie erste Eckpunkte für ein nationales Reallabor formuliert, um diese zeitnah in der Praxis und im Zusammenhang zu erproben.

Anschließend wird eine Ausarbeitung einer Machbarkeitsstudie zu den vorhergegangenen Transformationsszenarien vorgenommen. Am Beispiel der Stadt Stuttgart wird in Kooperation mit der Stadtverwaltung und unter Beteiligung der Mitglieder des Arbeitskreis 7 des Verbands der Automobilindustrie e.V. (VDA) konkrete Maßnahmen für die innovationspolitische Umsetzung und Erreichung der Klimaschutzziele in der Mobilitäts- und Stadtentwicklung identifiziert. Die Maßnahmen werden im Stadtteil Bad Cannstatt verortet und durch den Öko-Institut e.V. qualitativ bilanziert. Auf dieser Basis bietet die Machbarkeitsstudie potenziell die Grundlage für die Skizzierung eines Großprojekts

(=Nationales Transformationsschaufenster), das unter Beteiligung von Industrie, Forschung und kommunaler Verwaltung realisiert werden kann. Es wurde nachgewiesen, dass entlang der laufenden Transformation zur E-Mobilität in Städten weitere komplementäre Maßnahmen erforderlich sind bzw. vielerorts bereits geplant werden. Neben Maßnahmenbündeln zur technisch-räumlichen Umsetzung für klimaneutrale Mobilität und Stadtentwicklung werden begleitende Maßnahmen identifiziert.

Aus der begleitenden Maßnahmenbilanzierung geht hervor, dass signifikante Nachhaltigkeitswirkungen nur durch die gezielte Kombination von Einzelmaßnahmen erreicht werden können. Um Wirkungspotenziale voll ausschöpfen zu können ist eine Abkehr von vereinzelt, räumlich getrennten »Insellösungen« im Mobilitätsbereich erforderlich.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stellen für Wirtschaft und Politik eine wissenschaftliche Basis dar, um zukünftige Forschungs-, Förder- und Innovationspolitik an der Schnittstelle zwischen Mobilitäts- und Energiewirtschaft sowie kommunaler Transformation hin zu nachhaltigen, klimaneutralen Städten und Regionen neu auszurichten.

## 3.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Die Transformation hin zu klimaneutralen Städten und Regionen in Deutschland ist spätestens seit der Verschärfung der EU-Klimaschutzziele und zunehmend extremen Wetterereignissen weit oben auf der politischen Agenda. Dabei ist bei bisherigen Reduktionspfaden und Modellrechnungen weniger ein Wissens- als vielmehr ein Umsetzungsdefizit vorhanden. Personen- und Lieferverkehre finden zum Großteil auf der Ebene von Kommunen und Landkreisen statt. Mobilität ist fester Bestandteil heutiger Alltagsprozesse und an vielen Stellen gesetzlich definiert mit langwierigen Anpassungsprozessen. Dabei kann von der Automobil- und Mobilitätswirtschaft in Deutschland ein wichtiger Impuls ausgehen, Verkehrswende und Klimawende auf Ebene von Städten und Regionen gemeinsam zu bewältigen und die Transformation zukunftssicher entlang heutiger Wertschöpfungsketten und Lebenszyklen unserer gebauten Umgebung zu gestalten.

Dabei steht nicht allein die Reduktion der Treibhausemissionen im Verkehrssektor im Fokus, sondern auch die Anforderungen anderer Sektoren an den Verkehr und dessen Infrastruktur. So muss Stadt- und Regionalentwicklung, die heute beispielsweise durch städtebauliche Leitbilder oder Planungen für die kommenden Jahrzehnte manifestiert wird, hinsichtlich Klimaschutzverträglicher und zukünftiger Lösungen für Individual- und Sharing-Mobilität entlang zukünftiger Anforderungen geplant werden. Es bedarf konsistenter und vor allem konsensorientierter Konzepte für Mobilität in klimaneutralen Städten und Regionen. 64 Jahre nach der Veröffentlichung des Werks »Die autogerechte Stadt – Ein Weg aus dem Verkehrs-Chaos« [103] gilt es, die Zukunft stadtgerechter Mobilität zu gestalten – eine neue Symbiose von individuellen Mobilitätsbedürfnissen in veränderlichen und klimagerechten Stadtstrukturen.

Angesichts dessen und der klimapolitischen Zielsetzung scheint klar, dass gerade in den nächsten vier bis fünf Jahren die entscheidenden Weichen für die Realisierung der Verkehrswende im Kontext klimaneutraler Stadtentwicklung gestellt werden müssen: technologisch, wirtschaftlich, politisch, ökologisch und gesellschaftlich. Die angedachte Forschungsstudie soll dafür konkrete Transformationspfade als ganzheitliche Szenarien aufzeigen, vielversprechende Handlungsfelder vertieft analysieren und mittels Back-Casting erfolgskritische Randbedingungen und Maßnahmen identifizieren, die wünschenswerte Szenarien mit der Gegenwart verbinden.

Eine anschließende Kommunikation und die Umsetzung von resultierenden Innovations- und Transformationsprojekten, zum Beispiel in Form neuartiger Reallabore und -experimente, kann dazu beitragen, die Ergebnisse politisch anschlussfähig zu gestalten und vor allem skalierbare Prozesse, Routinen und Standards zu etablieren. Somit sind weniger einzelne »White-Spots« als Forschungsbedarfe oder innovationspolitische Handlungsempfehlungen im Fokus, sondern vielmehr die systemischen Zusammenhänge und Wirkungsketten in der Transformation von Mobilität in klimaneutralen Städten und Regionen der nächsten Jahrzehnte.

## 3.2 Stand der Praxis und Forschungsbedarf

Die folgenden Seiten stellen eine inhaltliche Einführung und Bestandsaufnahme für die zentrale Forschungsfrage dar: Welche Forschungs- und Innovationsperspektiven zu Mobilität in klimaneutralen Städten bieten sich bis zum Jahr 2045? Hierzu werden prioritär die zeitliche Entwicklung des Verkehrs- und Stadtsystems auf nationaler und

internationaler Ebene (Perspektive 1) sowie der Status-quo zum Verhältnis von Automobil und nachhaltiger Stadtentwicklung (Perspektive 2) skizziert:

### 3.2.1 Perspektive 1: Zeitliche Entwicklung von Verkehrs- und Stadtentwicklungspolitik

Die letzten 15 Jahre sind durch zahlreiche vernetzte Maßnahmen in Deutschland für den Umstieg auf eine nachhaltige Mobilität geprägt. Nach der Finanzkrise 2008 wurde im Januar 2009 in Deutschland ein Konjunkturprogramm von der Bundesregierung beschlossen, um die Auswirkungen der internationalen Finanzkrise auf die Realwirtschaft zu mildern. Im Konjunkturpaket II wurde mit 500 Millionen Euro auch Elektromobilität als alternative Antriebstechnologie in Form von acht Modellregionen [112] bis 2011 gefördert. Ein Teil der Mittel wurde in dieser Periode für die Förderung der Elektromobilität im öffentlichen Raum – also der Schnittstelle zwischen Verkehr und städtebaulichen Strukturen – eingesetzt. Für das Jahr 2020 wurde damals das Ziel von einer Million E-Fahrzeuge definiert und Deutschland seither neben einem Leitmarkt auch als Leitanbieter für Elektromobilität im internationalen Markt definiert [31]. Bereits damals wurde in der Fachzeitschrift *Bauwelt* die kritische Frage formuliert, wenn in den Modellregionen für Elektromobilität die Stadt, ihre Strukturen und ihre Nutzerinnen und Nutzer nicht präzise mitbedacht werden und zerstückelte Verkehrskonzepte wie in den sechziger Jahren resultieren [75]: »Wo bleibt das regionale Modell, das über die pure Einführung von einem Dutzend neuer Elektrofahrzeuge im kommunalen Fuhrpark hinausgeht? Warum gibt es so wenig Modellanträge, in denen die Elektromobilität zum hauptsächlichen Verkehrsträger eines ganzen Quartiers aufgebaut wird? Warum werden neue städtische Strukturen nicht mitgedacht?«

Nach den Modellregionen und ersten elektrischen Flotten entstanden meist länderbezogene Folgeprojekte oder länderübergreifende Projekte wie SLAM (Schnell-Ladenetz für Achsen und Metropolen) [62] und erste gesetzliche Leitplanken wie 2015 das Elektromobilitätsgesetz (EmoG) für kommunale Handlungsräume in der ordnungsrechtlichen Förderung von E-Mobilität. Fast zeitgleich stellte der öffentlich gewordene Abgasskandal mit Ermittlungsverfahren auf internationaler Ebene und umfangreichen Rückrufaktionen eine Zäsur in der Verkehrswende dar, die ein neues Verständnis von automobilinduzierten Emissionen und externen Faktoren in der gebauten Umgebung und Umwelt erforderten.

Tabelle 1: Innovationspolitische Plattformen in Deutschland

Beispiele innovationspolitischer Plattformen in Deutschland	
<p><b>Strategiedialog Automobilwirtschaft - Baden-Württemberg (2017 - 2023)</b></p> <p>2017 wurde der auf sieben Jahre angelegte Transformationsprozess mit sechs Ministerien initiiert, um sich vom Automobilland zum ökologisch nachhaltigen und ökonomisch erfolgreichen Mobilitätsland zu entwickeln. Seither wurden über 70 Projekte, von neuer Wertschöpfung und neuer Kraftstoffe über Ladeinfrastruktur, vernetztes Fahren oder Digitalisierung bis Qualifizierung und Beteiligung, angestoßen. Im Prozess zeigte sich auch die Bedeutung neuer Geschäftsfelder, zum Beispiel im Bereich von Chipproduktion, künstlicher Intelligenz oder Wärmepumpen. Die Koordinierung erfolgt über die Landesagentur e-mobil BW [53].</p>	<p><b>Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) (2018 - 2021)</b></p> <p>Im Jahr 2018 ist die NPM als Nachfolgeorganisation der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) hervorgegangen. Dies basierte auf dem Koalitionsvertrag von CDU, CSU und SPD für die 19. Legislaturperiode der Bundesregierung. In sechs Arbeitsgruppen wurden Maßnahmen und Projekte zum Klimaschutz im Verkehr, zur Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandorts Deutschland oder zur digitalen Vernetzung sowie energetischer Sektorkopplung und rechtlicher Standardisierung initiiert. Im Prozess wurden unter anderem die geringe Beteiligung von Umweltverbänden, kommunaler oder gesellschaftlicher Akteure kritisiert [95].</p>

Das Sofortprogramm *Saubere Luft 2017-2020* war ein Bundesprogramm, mit dem 90 Städte, in denen die Grenzwerte für Stickoxide in der Luft überschritten wurden, Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffe finanzieren konnten. Solche Maßnahmen können z.B. die Förderung der Elektromobilität oder die Nachrüstung städtischer Busflotten sein, um Fahrverbote für Dieselfahrzeuge in den betroffenen Städten zu vermeiden [69]. Bis Juni 2019 wurden insgesamt fast zwei Mrd. Euro bereitgestellt u.a. für die Beschaffung von E-Bussen, eine Umrüstung von Lieferfahrzeugen auf E-Antriebe und eine Förderung von E-Ladeinfrastruktur und E-Fahrzeugen für gewerblichen Flotten und Privatnutzerinnen und -nutzer.

Neben der umfangreichen Förderung von Infrastruktur und Verkehrsmitteln werden seit 2016 Forschungs- und Entwicklungsprojekte rund um digitale und datenbasierte Anwendungen für die Mobilität der Zukunft gefördert. Der *mFUND* unterstützt die Entwicklung digitaler Geschäftsideen, die auf Mobilitäts-, Geo- und Wetterdaten basieren. Dazu zählen etwa neue Navigationsdienste, innovative Sharing-Plattformen, intelligente Reiseplaner oder hochpräzise Wetter-Apps [32].

Zusätzlich wurde die bis Juni 2021 laufende *Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland* durch den Bund ins Leben gerufen. Diese unterstützte in sechs Förderaufrufen und mit insgesamt 300 Millionen Euro private Investorinnen und Investoren als auch Städte und Gemeinden bei der Errichtung von Schnell- und Normalladepunkten. In dem anschließend aufgelegten Förderprogramm *Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland* stellt das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) bis Ende 2025 nochmals 500 Millionen Euro zur Verfügung, um weitere 50.000 Ladepunkte zu realisieren [33].

Erwähnenswert sind einzelne neuere Leuchtturmprojekte wie *STADT:up* mit 22 Partnerinnen und Partnern und einem Gesamtvolumen von 62,8 Millionen Euro für die Entwicklung von Konzepten und Pilotapplikationen des durchgängigen automatisierten Fahrens im urbanen Raum [111]. Darüber hinaus wurde das RealLabHH [50] in Hamburg im Vorfeld des weltweit größten Kongresses für intelligente Verkehrssysteme und -services im Oktober 2021 mit einem Fördervolumen von 20,5 Millionen Euro von der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität mitinitiiert.

Parallel hierzu setzen 14 Bundesländer und das BMDV aktuell den Beschluss der Verkehrsministerkonferenz um, die Testfelder autonomes Fahren in Deutschland zu koordinieren. Ein Baustein davon ist seit 2022 das Projekt *KoTAM (Koordinierung der Testfelder Autonome Mobilität in Deutschland)*, welches sechs Jahre nach Inbetriebnahme der ersten Testfelder und -strecken für autonomes Fahren in Bayern und Baden-Württemberg zur bundesweiten Koordinierung der Testfeldaktivitäten für Autonome Mobilität zwischen vier Bundesländern startete [51].

Die nachfolgende Tabelle gibt ausgewählte Projekte Meilensteine, Maßnahmen und internationale Aktivitäten im Zeitraum der letzten 15 Jahre für die Domänen von Verkehr und Stadtentwicklung national und im internationalen Kontext schlaglichtartig wieder:

Tabelle 2: Projekte, Meilensteine, Maßnahmen und Aktivitäten in Verkehrs- und Stadtentwicklung (Zeitraum: 2008-2023).

Jahr	Verkehr - D	Stadtentwicklung - D	Internationale Entwicklungen
2008	Pilotierung <i>car2go</i> Ulm	Einführung erster <i>Umweltzonen</i> in Städten	Einführung <i>City-Maut</i> Mailand  Baubeginn <i>Masdar</i> , Vereinigte Arabische Emirate (VAE) als CO <sub>2</sub> -freie Stadt
2009	<i>Modellregionen Elektromobilität</i> (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung)		<i>Greenlight</i> for Midtown NYC (Broadway)
2010	NPE	Formulierung <i>Hightech-Strategie 2020</i> der Bundesregierung (u.a. Morgenstadt)  <i>Bremer mobil.Punkt</i> (Car-Sharingstation) auf der World EXPO Shanghai	
2011			<i>SFPark</i> San Francisco  Start der <i>Morgenstadt-Initiative</i> von Fraunhofer mit 20+ weiteren Partnern
2012	Einführung <i>Moovel-App</i>  Einführung <i>car2go electric</i> in Stuttgart		Beginn <i>European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities</i>
2013		Aufbau Nationale Plattform <i>Zukunftsstadt</i> (NPZ) aus der Hightech-Strategie 2020	
2014			Mexico City – <i>Recht auf Mobilität</i> (Priorisierung von aktiver Mobilität für motorisierten Individualverkehr, MIV)
2015		Wettbewerb <i>Zukunftsstadt</i>  <i>EmoG</i>	Rotterdam <i>zero-emission zones for freight</i>  <i>WePod</i> Wageningen auf regulärer Straße
2016	<i>mFund</i>  Pilotprojekt <i>logSPACE</i> Stuttgart zu Lieferverkehr  <u>Verkehrsversuch</u> Sendlinger Straße <b>München</b>	Leitinitiative <i>Zukunftsstadt</i>  <i>Ladesäulenverordnung</i>	<i>Erster autonomer (Waymo) Shuttle-Service</i> Austin

2017	Erste autonome Buslinie Deutschlands (Bad Birnbach)	<i>Smart City Charta</i> Deutschland (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung)	Umsetzung erster <i>Superblock</i> Barcelona
	<i>Saubere Luft</i> Sofortprogramm	<i>Berliner Erklärung</i> für innovative Wege in der Mobilität (Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF)	
2018	<i>NPM</i>	<i>Modellstädte klimafreundlicher Öffentlicher Personennahverkehr</i> (ÖPNV)	Oslo <i>Ultra Low Emission Zone</i>
2019	Erstmalige Einführung <i>e-Scooter</i> in Herne	<i>Modellprojekte Smart Cities</i> des Bundes (MPSC)	<i>Vision Zero Helsinki</i> erreicht (Null Verkehrstote)
		Ausruf <i>Klimanotstand</i> Konstanz	Beschluss Klimaschutz-Gesetz Deutschland
2020		<i>Popup-Radwege</i> im Kontext der Corona-Pandemie	<i>Umbau Innenstadt</i> Madrid (-2km <sup>2</sup> )
			<i>Woven City</i> Japan (integriertes Konzept)
2021	<i>Reallabor HH</i>	<i>Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz</i>	Planung <i>Chaussee Elysee</i> Paris (PSA-Stream)
2022	Genehmigung <i>MOIA</i> als gebündelter Bedarfsverkehr Hamburg		EU-Programm <i>Driving Urban Transitions (DUT)</i> zu 15-min-Cities
2023	Planung <i>Bike-Highway (Urb-x)</i> in Region Stuttgart	<i>Tempo30-Beschluss</i> VMK (03/2023)	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change-Synthesis Report</i>
		Beschluss <i>Deutschlandticket</i> Bundestag (03/2023)	<i>Beschluss Verbrenner-Aus der EU</i> für Neuwagen ab 2035

-----  
Einleitung  
-----

### 3.2.2 Perspektive 2: Verhältnis von Automobil und Stadtraum

Der Stellenwert des MIVs ist in deutschen und europäischen Städten in der großen Breite unbestritten. Zum 1. Januar 2023 sind 48.763.036 Kraftfahrzeuge (+0,5% ggü. Vorjahr) und 3.641.755 Lastkraftwagen (+2,6% ggü. Vorjahr) zugelassen – also eine anhaltende Tendenz nach oben. Wenn alle Bürgerinnen und Bürger Deutschlands gleichzeitig in einem der vorhandenen Autos unterwegs wären, wären nicht einmal beide Vordersitze der meist Vier- bis Fünfsitzer belegt. Bundesweit sind 33.930 dieser PKW (Personenkraftwagen) als Sharing-Fahrzeuge genutzt, was 0,0007% des gesamten Bestands darstellt. Positiv ist der Anteil von 4,47 Millionen Anmeldungen von Carsharing-Nutzerinnen und -Nutzern (+32% ggü. Vorjahr) [85] und der Anteil von über einer Million batterieelektrischen E-Fahrzeugen [47] (+64% ggü. Vorjahr) neben weiteren alternativen Antrieben.

#### Fläche/PKW

Signifikant ist bei den Neuzulassungen der Anstieg der SUV (Sports Utility Vehicles) - Klasse auf mittlerweile 11% (+11% ggü. Vorjahr) mit ansteigenden Fahrzeugbreiten und -höhen, die zunehmend Raum im fließenden und ruhenden Verkehr in Städten

einnehmen. Das durchschnittliche Alter der zugelassenen Fahrzeuge beträgt aktuell 10,0 Jahre (-0,1% ggü. Vorjahr).

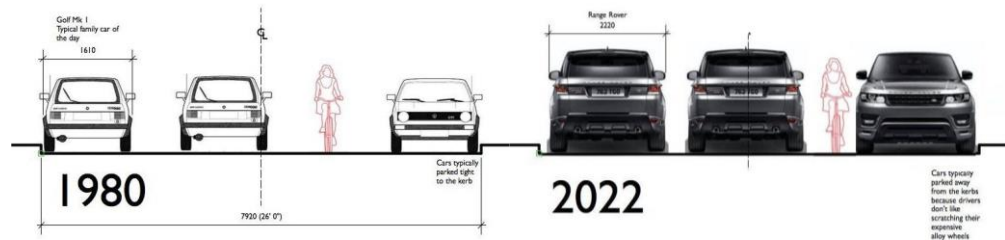


Abbildung 1: Unterschiede zwischen PKW-Generationen in typischem Straßenraum.

Erwähnenswert ist an dieser Stelle die räumliche Dimension von Verkehr und Stadt als Vergleich: Während seit 1990 die Inanspruchnahme für Verkehrsflächen in Deutschland um 10% gestiegen ist [123], zeigt sich bei den Abmessungen von PKWs eine Zunahme von 59% – was einen fast sechsfachen Anstieg bedeutet. Im Jahr 2022 benötigte die nationale PKW-Flotte rechnerisch 142,6km<sup>2</sup> mehr als noch vor 30 Jahren, dies entspricht einem Anstieg von fast 20.000 Fußballfeldern oder knapp der Größe der Stadt Mannheim. Jeder neu zugelassene PKW nimmt dabei rechnerisch 1,07m<sup>2</sup> mehr ein als früher, die durchschnittliche Fahrzeugbreite stieg um knapp 8% [91] (siehe Abbildung 1).

#### Parkraum

Für die rund 65 Mio. Fahrzeuge (PKW, LKW, Anhänger) gab es 2020 in Deutschland 160 Millionen Stellplätze. Davon befinden sich etwa 70% am Straßenrand und 76% der Autos, die über Nacht abgestellt werden, parken auf Privatflächen. Schätzungen zufolge ist selbst in Spitzenzeiten der Parkraum durchschnittlich nur zu 70% ausgelastet [7]. Sowohl die gestiegenen PKW-Platzbedarfe wie auch die zur Verfügung stehenden – meist versiegelten – Stellflächen in deutschen Städten sind wichtige Stellhebel für kommunalen Klimaschutz und Klimaanpassung. Viele Städte haben deshalb begonnen, öffentliche Stellplätze in ihren Zentren zurückzubauen (z.B. Kopenhagen -50% [98]) oder die Einfahrt entsprechend der CO<sub>2</sub>-Emissionen von PKW zu beschränken (z.B. Oslo mit Ultra Low Emission Zone). Stattdessen gewinnen alternative stadtplanerische Ansätze wie 15-Minuten-Städte (z.B. Barcelona mit Superblocks) an Bedeutung.

#### PKW/Einwohner

Im europäischen Vergleich zeigen sich erste Unterschiede zwischen einzelnen Städten. Während bundesweit auf 1.000 Einwohnerinnen und Einwohner (EW) noch 520 PKW (2022) kommen, gibt es mehr und mehr Städte in Europa mit weniger als 300 PKW pro tausend EW. Hier sind beispielsweise Städte wie Kopenhagen (2022: 247), Amsterdam (2022: 260) oder London (2022: 279) zu nennen [44] – Internationale Metropolen wie Singapur oder Buenos Aires kommen sogar auf einen Wert von rund 100 [43]. Das Umweltbundesamt spricht in einer aktuellen Studie [122] von der Zielgröße 150 PKW/TEW als Vision der kompakten, klimaneutralen Stadt für Deutschland. Dabei können autonome, geteilte und bedarfsgerechte Mobilitätsangebote in Ergänzung zum heutigen ÖPNV eine tragende Rolle einnehmen [25]. Zusätzlich könnten die übrigen PKW kompakte Sharing-Leichtfahrzeuge [105] sein und mit flächenminimierter Mikromobilität kombiniert werden. Expertinnen und Experten des IAO gehen hierbei bis 2045 von einer Reduktion von 50-70% des heutigen MIV in deutschen Städten aus.



Tabelle 3: Beispiele europäischer Transformationsprojekte.

Beispiele europäischer Transformationsprojekte	
	
<p><b>Champs-Élysées Vision 2030</b>                      Bürgermeisterin Anne Hidalgo hat im Januar 2021 erklärt bis zu den Olympischen Spielen in Paris 2024 einen Teil der Champs-Élysées komplett neu zu gestalten, ab 2025 den Rest. Das Verhältnis zwischen Fußgängerinnen und Fußgängern zu Verkehrsraum wird umgedreht, zahlreiche Grün- und Freiflächen werden geschaffen.</p>	<p><b>Barcelona Superblocks</b>                      Die Superblocks sind Herzstück eines 2016 von der Stadtverwaltung entwickelten Konzepts für nachhaltige Mobilität. Der Erste entstand 2017 im Stadtviertel Poble Nou, insgesamt sollen 503 Superblocks in Barcelona entstehen. 60% der bisher von Autos genutzten Straßen werden dadurch für andere Nutzungen frei.</p>

Vision Zero

Neben der Dekarbonisierung des Verkehrs erhält die Sicherheit im Straßenverkehr seit kurzem eine zunehmende Bedeutung mit der *Vision Zero*, welche darauf abzielt, die Zahl der Verkehrstoten in der EU bis 2050 auf nahezu Null zu reduzieren. Die *Vision Zero* sieht einen strategischen Plan und die Überwachung der wichtigsten Leistungsindikatoren für die Sicherheit vor, z.B. für die Fahrzeugsicherheit, die Anschnallquote, die Einhaltung von Geschwindigkeiten oder die Versorgung nach einem Unfall. Die Strategie hat das ursprüngliche Ziel, die Zahl der Verkehrstoten und Schwerverletzten bis 2030 zu halbieren [59]. Als Vorreiterstadt ist hier die finnische Hauptstadt Helsinki zu nennen, die erstmalig 2019 seit über 50 Jahren keinen tödlichen Unfall mit Fußgängerinnen und Fußgängern im Stadtgebiet vorweisen konnte [70].

### 3.3 Vorgehensweise und Aufbau der Studie

Den methodischen Rahmen für die Forschungsstudie bildet ein Vorgehensmodell zur explorativen Szenarien-Entwicklung. Szenarien stellen mögliche alternative Zukünfte dar, die Bekanntes miteinschließen, aber auch die Implikationen noch unbekannter Entwicklungen antizipieren. Somit sind sie ein strategisches Planungsinstrument, sie bieten Orientierungs- und Handlungswissen und stellen einen kooperativen Lernprozess für Wissensgenerierung und -transfer dar (siehe auch Kapitel 4.2) [76].

Für FOMOS wurden drei explorative Umfeldszenarien in einem partizipativen Prozess mit interdisziplinären Expertinnen und Experten entwickelt (siehe Kapitel 6). Diese dienen im Projekt als Grundlage für die Strategieentwicklung und Ableitung zusammenhängender Maßnahmen, im konkreten Fall für die Ableitung erforderlicher Transformationspfade sowie innovationsförderlicher Rahmenbedingungen zur Zielerreichung abseits rein normativer Zielvorgaben.

Für die Entwicklung der Zukunftsszenarien wurde eine domänenübergreifende Metaanalyse von einschlägigen Publikationen und Fach-Veröffentlichungen durchgeführt (siehe

Kapitel 4.2). Diese führten im Austausch mit den Expertinnen und Experten zur Ableitung wesentlicher Einflussfaktoren und Handlungsfelder (siehe Kapitel 5). In der Folge wurden durch Wechselwirkungsanalysen, Schlüsselfaktoren und alternative Entwicklungspfade mehrere Rohszenarien abgeleitet [102].

Im letzten Schritt wurden die finalen Szenarien in Bezug auf ihre Klimaeffekte bewertet und geeignete systemische und innovationspolitische Instrumente und übergreifend Handlungserfordernisse abgeleitet (Kapitel 7). Ergebnis der explorativen Studie ist ein Rahmenkonzept für die synchronisierte Transformation des Verkehrssystems innerhalb der Klimatransformationen von Städten und Regionen in Deutschland (Kapitel 8).

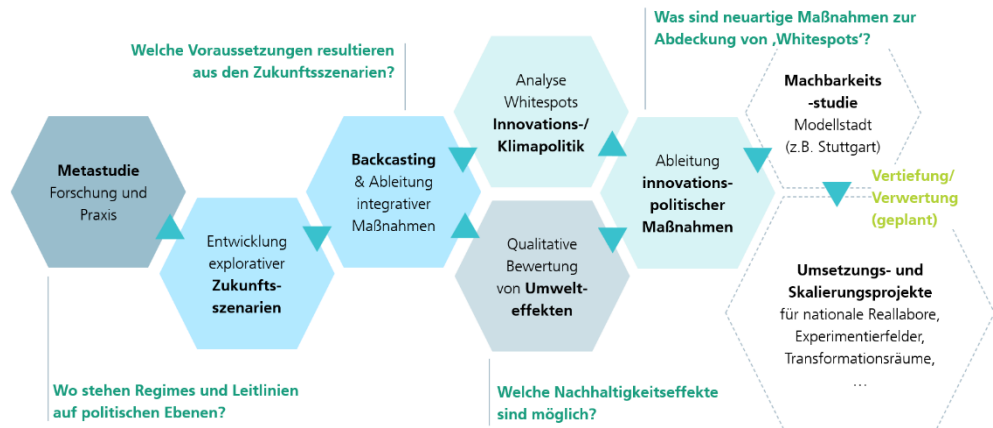


Abbildung 2: Projektstruktur und -ablauf der Forschungsstudie inklusive Umsetzung

Die Szenario-Entwicklung fand in einem partizipativen und co-kreativen Prozess gemeinsam mit dem FAT-Arbeitskreis 7 (Optimierung System Straßenverkehr) und dem Projektteam statt. Die Erarbeitung der Schwerpunkte und Inhalte erfolgte im Rahmen einer digitalen Workshop-Reihe zwischen Mai und Dezember 2022. Im Anhang in Kapitel 12.1 sind die Arbeitsschritte der Termine kompakt zusammengefasst.

Die Voraussetzung für die explorative Szenario-Entwicklung ist deren Einbettung in einen strukturellen und fachlichen Rahmen. In Kapitel 4 wird daher ein Referenzrahmen für eine zukunftsorientierte Stadtentwicklung gebildet und eingeführt, der eine Einordnung des Szenario-Prozesses und seiner Ergebnisse erlaubt, aber auch die unmittelbare politische und praktische Relevanz sichtbar macht. Zudem wird der gegenwärtige Zukunftsdiskurs beleuchtet, der durch verschiedene Perspektiven und Mobilitäts-Szenarien geführt wird.

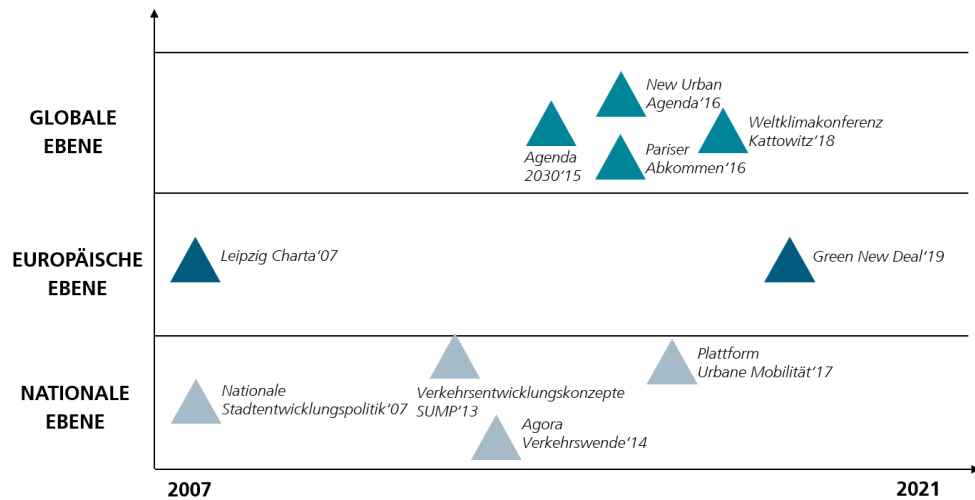
### 4.1 Zukünftige Verkehrs- und Stadtentwicklung als Mehrebenensystem

Die Anforderungen an eine zukunftsgerichtete Stadtentwicklung haben in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Dies ist auf beschleunigte technologische Innovationszyklen, klimatische Veränderungen und sich wandelnde Wertschöpfungslogiken sowie Konsumgewohnheiten zurückzuführen. Zusammengefasst wird die kommunale Governance zunehmend komplexer. Dabei sind die Erwartungen an kommunale Behörden sowie Entscheiderinnen und Entscheider hoch. Denn sie sollen lokale Lösungen schaffen für Herausforderungen, die ihren Ursprung in übergreifenden Entwicklungen haben. Gefragt sind wirksame und modellhafte Beiträge zu strukturellen und längerfristigen Veränderungen. Dies betrifft beispielsweise neue Ansätze zur baulichen Klimaanpassung, Maßnahmen zur Attraktivierung des lokalen Handels oder des öffentlichen Verkehrsangebots. Die Verortung und Einbettung lokalen Handelns in übergeordnete Ziele und Initiativen gewinnt in dieser Gemengelage zunehmend an Bedeutung.

Progressive Stadtentwicklung kann daher als Mehrebenensystem betrachtet werden, in dem in einem spezifischen Zusammenspiel aus unterschiedlichen Akteuren und Prozessen transformative Innovations- und Nachhaltigkeitsübergänge angestrebt werden. **Die Studie folgt dem konzeptionellen Verständnis eines Mehrebenensystems, in dem nationale, europäische und globale Akteure, Prozesse und Entscheidungen in ein konstruktives Wechselspiel gebracht werden.** Städte mit ihrem Einflussbereich sind in diesem Modell als »Nischen« zu betrachten, die bestehende Rahmenbedingungen durch neue Projekte, Erkenntnisse oder Modellversuche herausfordern oder in Frage stellen können. Die Fortschritte können Einfluss auf nationale Förderrichtlinien, bundesweite politische Initiativen und Ziele nehmen. Diese wiederum stehen im Einklang mit weitreichenden Vereinbarungen von internationalen Bündnissen.

Zur Illustrierung des Mehrebenensystems für zukünftige Stadtentwicklung werden im Folgenden relevante Programme, Initiativen und Akteure beschrieben und sowohl chronologisch als auch kategorisch eingeordnet.

Abbildung 3: Mehrebenensystem für zukünftige Stadtentwicklung (eigene Abbildung)



Nachfolgend sind beispielhaft einzelne Instrumente, Akteure sowie politische Ziele auf den drei Betrachtungsebenen (global, europäisch, national/kommunal) eingeführt:

#### 4.1.1 Globale Ebene

**Agenda 2030** - Die *Agenda 2030* steht für nachhaltige Entwicklung mit fünf Kernbotschaften (People, Planet, Prosperity, Peace, Partnership) und folgt dem Grundsatz »leave no one behind«. Sie wurde im September 2015 von den Mitgliedsstaaten der Vereinten Nationen (UN) verabschiedet und gilt für Staaten, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft. Ökonomische, soziale und ökologische Aspekte gehen dabei Hand in Hand. Die 17 Zielsetzungen (*Sustainable Development Goals, SDGs*) der *Agenda 2030* sind in 17 Oberziele mit 169 Unterzielen gegliedert. Diese Ziele sind auf allen Ebenen – national, regional und lokal – relevant und dienen als Bausteine für kommunale Nachhaltigkeitsstrategien.

**New Urban Agenda (NUA)** - Die *NUA* wurde von 167 Staaten angenommen und hat die nachhaltige Stadtentwicklung der kommenden zwanzig Jahre im Fokus. Dabei sind Kommunen die zentralen Akteure für die konkrete Umsetzung. Laut der UN wird der Anteil der städtischen Bevölkerung weltweit weiter steigen. Um angesichts zunehmender Urbanisierung eine Unterstützung bei Planung und Management zu bieten, stellt die *NUA* einen Werkzeugkasten für Stadtverwaltungen dar. Obwohl die *NUA* ein unverbindliches Abkommen ist, stellt sie klare Anforderungen an die Städte der Zukunft, darunter eine kompakte Quartiersentwicklung, Freiräume mit Erholungswert, eine effiziente Ressourcennutzung und ein ausgebauter öffentlicher Nahverkehr. Die ebenfalls von der UN verabschiedete *Agenda 2030* und ihre *SDGs* sind eng mit der *NUA* verknüpft. Die *NUA* ist ein wesentlicher Baustein für die Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele, insbesondere *SDG 11* »inclusive and resilient cities«.

#### Globales Klima-Abkommen von Paris (2016)

Im Dezember 2015 einigten sich auf der *UN-Klimakonferenz 2015 (COP 21)* in Paris 196 Staaten auf das *Pariser Klimaabkommen*; ein rechtsverbindlicher internationaler Vertrag, der im November 2016 in Kraft trat. Das Klimaabkommen verpflichtet dazu, die globale Erwärmung deutlich unter 2 °C, vorzugsweise 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau, zu begrenzen. Um dieses langfristige Temperaturziel zu erreichen, muss der globale Scheitelpunkt der Treibhausgasemissionen so schnell wie möglich erreicht und mittelfristig deutlich gesenkt werden.

Das multilaterale Abkommen vereinbart Transparenz über Fortschritte bei der Verwirklichung der Ziele durch nationale Klimaschutzbeiträge (*Nationally Determined Contributions, NDCs*) offenzulegen und auch weiterhin die solidarische Unterstützung durch Klimaschutzfinanzierungen für Entwicklungsländer fortzuführen. Auf der COP 24 2018 in Kattowitz wurde ein weiteres Regelwerk verabschiedet, darunter Richtlinien für die Berichterstattung durch *NDCs*.

#### UN-Klimakonferenz Kattowitz (2018)

Auf der COP 24 in Kattowitz wurden weltweit gültige Regeln für den Klimaschutz beschlossen. Das Regelwerk ist eine Grundlage, welche den Umfang, die Vergleichbarkeit der Treibhausgasmessungen und Übermittlung der nationalen Klimabeiträge des Pariser Abkommens sicherstellen soll.

### **4.1.2 Europäische Ebene**

#### Green Deal der EU

Der *EU-Green Deal* ist ein eine konzeptuelle Grundlage, die von der Europäischen Kommission im Dezember 2019 vorgestellt wurde und darauf abzielt, eine Reihe politischer Maßnahmen in verschiedenen Bereichen wie Klima, Umwelt, Energie, Verkehr, Industrie, Landwirtschaft und nachhaltiges Finanzwesen umzusetzen. Das Ziel des *Green Deals* ist es, die EU bis spätestens 2050 klimaneutral zu machen, indem die Treibhausgasemissionen auf netto null reduziert werden. Der *Green Deal* zielt auch darauf ab, den Schutz von Ökosystemen und Biodiversität in der EU zu stärken und die Resilienz gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu verbessern. Der *Green Deal* sieht die Möglichkeit, dass der Übergang zur Klimaneutralität neue Arbeitsplätze und Wachstum schaffen kann, und fördert den Wandel hin zu kreislauforientierten Systemen für Produktion und Verbrauch. Darüber hinaus sollen Fördermaßnahmen in der Industrie Wandel, Innovation und Wachstum unterstützen.

#### Leipzig-Charta

2007 haben die 27 in Europa für Stadtentwicklung zuständigen Ministerinnen und Minister die *Leipzig-Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt* verabschiedet, welche als Leitdokument für die Nationale Stadtentwicklungspolitik (NSP) dient. In ihrer Fortschreibung als *Neue Leipzig-Charta (2020)* bietet sie einen Rahmen für die stadtpolitische Koordinierung in Europa, indem sie strategische Prinzipien für eine erfolgreiche Stadtentwicklungspolitik bereitstellt. Dieser Rahmen verbindet die Arbeitsmethoden der Urbanen Agenda der EU mit den strategischen Prinzipien der Neuen *Leipzig-Charta*. Dabei sollen die Ansätze einer integrierten Stadtentwicklungspolitik stärker genutzt werden und darüber hinaus besondere Aufmerksamkeit auf benachteiligte Stadtquartiere im gesamtstädtischen Kontext gelenkt werden.

#### Verkehrsentwicklungskonzepte (SUMP)

*SUMP (Sustainable Urban Mobility Plan)* als Instrument der Verkehrsplanung sind nachhaltige städtische Mobilitätspläne. Die europäische Union skizziert dazu Leitlinien und Maßnahmen. In Deutschland werden diese als Verkehrsentwicklungsplan beispielsweise in Stuttgart umgesetzt. Eines der Hauptziele ist es, die Qualität von Lebens- und Mobilitätsbedingungen aufrechtzuerhalten. Dabei zeichnen sich *SUMP*-Konzepte durch folgende Merkmale aus:

- Sie stellen einen Plan für nachhaltige Mobilität in einer »Functional City« dar.
- Ermöglichung einer Zusammenarbeit über institutionelle Grenzen hinweg.
- Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern sowie Stakeholdern.
- Bewertung der aktuellen und zukünftigen Leistung.
- Definition einer langfristigen Vision und eines klaren Umsetzungsplans.

- Gestaltung verschiedener Transportmodalitäten in integrierter Weise.
- Sicherstellung von Monitoring und Evaluation.
- Gewährleistung von Qualität.

### 4.1.3 Nationale und kommunale Ebene

NSP – Die *Nationale Stadtentwicklungspolitik (NSP)* ist eine Gemeinschaftsinitiative von Bund, Ländern und Kommunen. Dabei verfolgt sie das Ziel, die Ergebnisse der *Leipzig-Charta* zur nachhaltigen europäischen Stadt in Deutschland umzusetzen. Im Rahmen der *NSP* werden z. B. in den Themenpartnerschaften bei der Umsetzung der Urbanen Agenda für die EU beispielhafte und nachhaltige Mobilitätskonzepte entwickelt, die als Best-Practice-Projekte in der Fachöffentlichkeit diskutiert werden. Ebenso werden gute Erfahrungen aus innovativen Pilotprojekten, z.B. zu Bürgerwettbewerben, für eine nachhaltige Mobilität bereits praktisch angewendet.

Agora Verkehrswende - Die *Agora Verkehrswende* ist eine gemeinnützige Organisation, die sich für eine nachhaltige Verkehrswende in Deutschland einsetzt und von der *Stiftung Mercator* und der *European Climate Foundation* initiiert wurde. Sie ist eine Denkfabrik, die sich mit der Gestaltung der Verkehrswende in Deutschland beschäftigt und gibt politischen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern sowie anderen Akteurinnen und Akteuren Handlungsempfehlungen für die Gestaltung der Verkehrswende. Sie fokussiert sich auf zwei Strategien: die Energiewende im Verkehr und die Mobilitätswende. Dabei beziehen sie auch die Perspektiven von Wirtschaft und Zivilgesellschaft ein.

PUM – Die *Plattform Urbane Mobilität (PUM)* organisiert die enge Zusammenarbeit von deutschen Kommunen und der Automobilindustrie. Die *PUM* fokussiert sich auf die Entwicklung von Konzepten für nachhaltige, effiziente und sichere Mobilität und Logistik in Städten und Gemeinden. Sie verfolgt das Ziel, sektorübergreifend die Transformation hin zu nachhaltiger Mobilität zu gestalten und die Mobilitätsbedürfnisse der Menschen sowie die Anforderungen der Wirtschaft bestmöglich zu erfüllen, wobei der nachhaltige Umgang mit Ressourcen im Vordergrund steht. In ihren Positionspapieren bringt die *PUM* ihre Perspektive zu wichtigen Anforderungen an eine neue Mobilität in Deutschland ein. Dabei befasst sich die Plattform mit Themen wie Flächennutzung, Elektromobilität, neuen Mobilitätskonzepten, strategischer Verkehrslenkung, automatisiertem und vernetztem Fahren, urbaner Logistik und betrieblichem Mobilitätsmanagement.

## 4.2 Existierende Szenarien als Leitplanken

Szenarien bilden einen Diskurs über die Zukunft ab, einen Diskurs über mögliche Alternativen. Dieser kann beispielsweise durch eine Interessensgruppe, eine Organisation oder eine heterogene Akteurgemeinschaft initiiert werden. Je nach Entstehung und Verwendung haben Szenarien einen vorrausschauenden, explorativen oder normativen Charakter [21]. Sie enthalten, beschreiben oder visualisieren mögliche Zukünfte. Dabei sind sie in ihrem Aufbau und ihrer Konzeptionalisierung plausibel, differenzieren sich jedoch strukturell voneinander. Dies gelingt durch die überspitzte Darstellung dominanter Merkmalsausprägungen. Die Entscheidung über zugrundeliegenden Prämissen für zukünftige Entwicklungskorridore, auf denen die Auswahl und die Priorisierung wesentlicher Einflussfaktoren beruhen, sollte möglichst transparent und partizipativ erfolgen. Auf diese Weise verknüpfen Szenarien Bestehendes mit noch unbekanntem Einflüssen.

Die Entwicklung und auch die Nutzung von Szenarien sind dabei vielfältig. Szenarien visualisieren Zielbilder oder dienen als Kommunikationsinstrument nach innen und nach außen (normativ). Der Entwicklungsprozess kann als Lernprozess und Arbeitsgrundlage zur Generierung von Ziel- und Orientierungswissen genutzt werden (explorativ). Als

Planungsinstrument können unterschiedliche Entwicklungspfade, Strategien und die wahrscheinlichen Folgen äußerer Effekte erarbeitet werden (vorausschauend) [66].

Für die vorliegende Studie wurden Szenarien und Zukunftsbilder betrachtet, die in den vergangenen Jahren Einfluss auf den deutschen Mobilitätsdiskurs genommen haben. Politik, Organisationen und Unternehmen haben durch ihre Perspektiven einen vielfältigen Zukunftsraum geschaffen, der aus unterschiedlichen Narrativen und Entwicklungspfaden besteht. Auch die methodischen Herangehensweisen und inhaltlichen Schwerpunkte unterscheiden sich durch die Breite des Betrachtungsfelds der urbanen Mobilität. Darüber hinaus wurden Studien herangezogen, die in den zurückliegenden Jahren von dem Fraunhofer IAO und dem Öko-Institut e.V. veröffentlicht wurden und die als Vorarbeiten für die vorliegende Studie genutzt werden konnten. Diese Publikationen wie auch die weiteren identifizierten Studien sind in Tabelle 4 abgebildet.

Tabelle 4: Übersicht zu relevanten Publikationen und Vorarbeiten zu Szenario-Entwicklungen in der urbanen und klimaneutralen Mobilität

Publikation	Zielsetzung und Schwerpunkt
<i>Mobiles Baden-Württemberg</i> [14]	Übergreifendes Ziel des Projektes war es, Szenarien für eine nachhaltige Mobilität 2050 zu entwickeln und diese Szenarien daraufhin auf ihre tatsächliche Nachhaltigkeit zu überprüfen
<i>Vision Stuttgart 2036</i> [133]	Die <i>Vision Stuttgart 2036</i> ist eine Mobilitätsvision [...]. Die virtuelle Vision einer Smart-City von morgen kann damit in detailreichen 360°-Panoramen und Animationen betrachtet werden.
<i>AFKOS Autonomes Fahren im Kontext der Stadt</i> [25]	Mit der Studie <i>AFKOS</i> soll die technische Diskussion zum Für und Wider von autonomen Fahrzeugen auf die räumliche Ebene der Stadt als dominantes Handlungsfeld für die Verkehrswende verlegt werden. [...] Die Studie zielt darauf, im weiteren Verlauf die Thematik stärker als gemeinsames Handlungsfeld von Mobilitätswirtschaft und Kommunalverwaltung zu etablieren und vor allem strategische Planungsinstrumente von Städten dahingehend weiterzuentwickeln, dass mit dem anstehenden Paradigmenwechsel entsprechend umgegangen werden kann.
<i>Die Zukunft der urbanen Mobilität</i> [110]	Die acht Szenarien greifen zahlreiche Unsicherheiten aus den verschiedenen Bereichen des Spannungsfeldes Mobilität auf. Von der Technologieentwicklung und -akzeptanz über Umwelt- und Verkehrspolitik bis hin zu Mobilitätsmustern der urbanen Bevölkerung ergeben sich so aussagekräftige und spannende Bilder der Zukunft.
<i>2049: Zeitreise Mobilität</i> [107]	Das Forschungsprojekt zielte darauf ab, eine breit und international angelegte Untersuchung der Akzeptanz von Zukunftskonzepten im Feld der Mobilität durchzuführen, und zwar unter der Erprobung von virtueller Realität als neuer Form zur Erhebung der Technologieakzeptanz
<i>Straße der Zukunft</i> [61]	Übergeordnetes Ziel des Szenarioprozesses ist es, weiterhin die entscheidenden Stellschrauben einer nachhaltigen Stadtplanung zu identifizieren, anhand welcher sich ressourceneffiziente Stadtquartiere und Mobilitätssysteme in der nahen Zukunft im Stadtraum umsetzen lassen.
<i>#elasticity Experimentelle Innenstädte und öffentliche Räume der Zukunft</i> [126]	Ziel der Studie ist es, Zukunftsfelder und Thesen aufzuzeigen, die richtungsweisend für zukunftsorientierte Innenstadtentwicklung sein können.
<i>Constructing Our Future</i> [124]	Mit dem vorliegenden Kapitel werden die wechselseitigen Zusammenhänge der Handlungsdimensionen Wohnen, Arbeit und Mobilität [...] eingehend untersucht, um räumliche Effekte und Entwicklungsperspektiven für das Planen und Bauen [...] zu erhalten.
<i>Klimaneutrales Deutschland 2045</i> [101]	In dieser Studie soll in einem weiteren Szenario (KN2045) untersucht werden, ob Deutschland bereits

	bis zum Jahr 2045 Treibhausgasneutralität erreichen kann. [...] Die aktuelle Studie zeigt, dass auf Basis der bereits sehr anspruchsvollen Zielstellung einer 65-prozentigen Treibhausgasreduktion bis zum Jahr 2030 anschließend in allen Sektoren eine beschleunigte Transformation möglich und notwendig ist.
<i>Szenarien für den Mobilitätssektor 2030 [27]</i>	Rund 20 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der Breite der Organisationen von Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) und Industriegewerkschaft Metall (IG Metall) diskutierten [...] Trends, Entwicklungen und Auswirkungen einer sozial-ökologischen Transformation im Mobilitätssektor. Sie zeichneten Zukunftsbilder, skizzierten mögliche Entwicklungspfade und stellten Überlegungen an, mit welchen strategischen Ansätzen diese Wende gemeinsam gestaltet werden kann.
<i>Die Stadt von Morgen [106]</i>	Das Projekt [...] schafft die Grundlagen für die Entwicklung einer Gesamtstrategie für nachhaltige Stadtmobilität. [...] Die gewonnenen Erkenntnisse flossen in die Entwicklung von drei Zukunftsszenarien nachhaltiger Stadtmobilität ein. In Roadmaps für die Jahre 2030 und 2045 wurden die Wirkung und Synergien verschiedener Maßnahmen abgebildet.

Schwerpunkte von relevanten Szenario-Studien lagen in den letzten Jahren bei der Untersuchung von stadträumlichen Transformationspotenzialen durch (technologische) Innovationen und bei der Entwicklung von normativen Zielszenarien für eine nachhaltigere Mobilität sowie einer nachhaltigen Mobilitätswirtschaft. Zudem wurden partizipative und interaktive Methoden für eine nutzer- und gesellschaftsorientierte Szenarien-Entwicklung und -aufbereitung in den Vordergrund gerückt. Mobilität und der Verkehrssektor, insbesondere in urbanen Räumen, erfordert eine integrierte Betrachtung mit den zugehörigen sozio-technischen und sozio-ökonomischen Strukturen. Auch das erfolgt in aktuellen Szenario-Studien. Mobilität und Verkehr werden als Handlungsfeld angesehen, welche bei entsprechender Ausgestaltung ihren Beitrag bei übergreifenden gesellschaftlichen und politischen Zielen leisten können. Hierzu zählt etwa die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen oder die Attraktivitätssteigerung von urbanen Zentren und Innenstädten.

Szenarien enthalten Positionen, die eine Auseinandersetzung mit alternativen Strategien, Instrumenten und Maßnahmen bei der Zukunftsgestaltung erlauben. Sie helfen einzelnen Akteuren oder Institutionen, die eigene Rolle in diesen Zukünften zu erkennen und sich ihren Gestaltungsmöglichkeiten bewusst zu werden. Gleichzeitig zeigt die Analyse des aktuellen »Szenario-Diskurses« auch, dass Zukunftsbilder zwar oft aus politisch-gesellschaftlichem oder unternehmerisch-strategischem Interesse entstanden sind, aber diese Sichten oftmals nicht miteinander verknüpft werden. Hier knüpft die vorliegende Studie an, die auf einer übergreifenden Zusammenarbeit zwischen Mobilitäts-, Infrastrukturwirtschaft sowie kommunalen Partnerinnen und Partnern beruht.



## 5

# Strategische Handlungsfelder und Einflussfaktoren

Die systematische Identifikation von Einflussfaktoren für die Szenarien erfolgt aus einer Auseinandersetzung mit verschiedenen Zukunftsräumen (vgl. Abb. 4) und ihrer Gestaltungsmöglichkeiten. Sie basieren auf der vorangegangenen Metaanalyse, einer weiterführenden Literaturrecherche und im Austausch mit der interdisziplinären Arbeitsgruppe. Die Faktoren werden nachfolgend, gruppiert nach Handlungsfeldern, beschrieben.

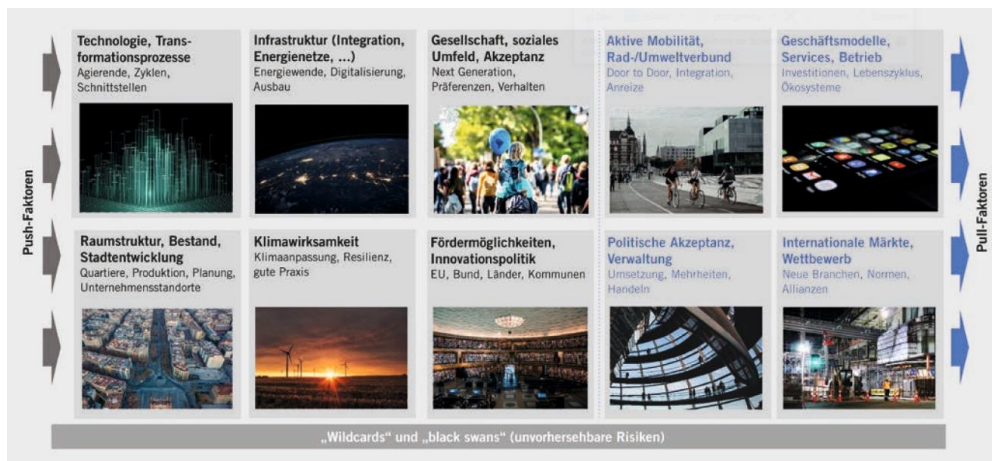


Abbildung 4: Zukunftsraum mit Handlungsfeldern im Überblick (Fotos: Unsplash)

## 5.1 Handlungsfeld 1: Infrastruktur

Vor dem Hintergrund, das heute 55% der Menschen in Städten leben und dieser Anteil bis zum Jahr 2050 auf etwa zwei Drittel steigen wird, ist absehbar, dass die aktuelle Wirtschaftsstruktur bei der Gewinnung von Rohstoffen, der Produktion von Gütern und der Entsorgung von Müll in der städtischen Infrastruktur an ihre Grenzen stoßen wird. Eine »Zirkuläre Infrastruktur«, die auf die Vermeidung von Müll, die Nutzung erneuerbarer Energien und Ressourcen sowie die Senkung von Treibhausgas-Emissionen (THG) mithilfe moderner Technologie ausgerichtet ist, ist für die Klimawende elementar. Dazu ist es notwendig, die **»Flexibilität bestehender Strukturen«** zu sichern.

Neue Formen der Mobilität für einen nachhaltigen Stadtverkehr erfordern grundlegende Veränderungen der Rahmenbedingungen für die Mobilität in der Stadt. Der Umgang mit bestehender Infrastruktur und die möglichst frühzeitige Einbeziehung baulicher Anforderungen in die Planungen sind eine notwendige Voraussetzung für den Aufbau einer flexiblen, anpassungsfähigen Infrastruktur. **»Nationale und internationale Interoperabilität«** sichert eine Mobilität über Systemgrenzen hinaus und bereiten den Weg für eine Vernetzung während der Herstellung, dem Besitz, dem Betrieb und der Nutzung von Fahrzeugen, Infrastrukturkomponenten und Backend-Diensten. Dazu sind Standards für Daten, Prozesse und Schnittstellen sowie eine Vereinheitlichung und Harmonisierung des Verkehrsnetzes auf nationaler internationaler Ebene notwendig.

Die schnell voranschreitende Verstädterung (»**Ausbreitung städtischer Lebensweisen**«) ist ein Spiegelbild der individuellen Mobilitätsbedürfnisse und stellt die Verkehrsinfrastruktur vor Herausforderungen. Multimodalität, Intermodalität sowie Verkehrsmanagement und Flächennutzung tragen gesamtsystemisch zu einer klimagerechten Stadt bei, in der die Versorgungssicherheit sowie die Anbindung der Bevölkerung in die

Zentren gewährleistet ist. Auch die »**Entwicklung der Lieferverkehre und der urbanen Warenversorgung**« (Zuliefer- und Schwerlast-Verkehr) sind entscheidend für eine klimaneutrale urbane Mobilität. Mögliche Entwicklungsrichtungen stehen z.B. unter dem Einfluss von klimafreundlichen Antriebsarten (Brennstoffzelle, Oberleitung, Batterie), einer teilweisen Verlagerung auf andere Verkehrsmittel, ein effizienteres Verteilsystem auf der letzten Meile, höherer Bepreisung von Rücksendungen einer Stärkung lokaler Produktion, wie Urban Farming und einer Verkürzung von Lieferketten.

Tabelle 5: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Infrastruktur«.

Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Infrastruktur«
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Flexibilität und Anpassungsfähigkeit bestehender Infrastrukturen (EF1.1)</li><li>▪ Nationale und internationale Interoperabilität von Infrastruktur (EF1.2)</li><li>▪ Ausbreitung städtischer Lebensweisen (EF1.3)</li><li>▪ Entwicklung Lieferverkehre und die urbane Warenversorgung (EF1.4)</li></ul>

## 5.2 Handlungsfeld 2: Internationale Märkte & Wettbewerb

Die Lieferketten sind im Umbruch und die »**lokale Produktion im urbanen Raum**« gewinnt immer mehr an Bedeutung. Das städtische Umfeld bietet Potenziale für Betriebsstätten, in denen umweltverträgliche, schonende Technologien eine verträgliche, kleinteilige Produktion möglich machen. Die Nähe zu potenziellen Kundinnen und Kunden ermöglicht Clustereffekte und leistet einen Beitrag zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit. Die »**Bündelung von Verkehren**« in der Stadt führt zu neuen Mobilitätsangeboten wie Carsharing, Bikesharing, On-Demand-Ridesharing und weitere neue Services. Diese Angebote sorgen für mehr Flexibilität und mehr Auswahlmöglichkeiten für passende Verkehrsmittel, sofern diese in das städtische Gesamtsystem eingebaut werden.

Im Zuge der Kreislaufwirtschaft soll das Fahrzeug am Ende seines Lebenszyklus einem neuen Zweck zugeführt werden und Quelle für neue Fahrzeuge und Produkte sein (»**Zirkuläre Produktion von Fahrzeugen**«). Dafür ist der Aufbau eines transparenten, zirkulären Ökosystems notwendig, in dem Kooperationen mit Lieferanten, Entsorgern und Dienstleistungen möglich sind. Das Bevölkerungswachstum und die zunehmende Kaufkraft in Schwellenländern führen zu neuen Geschäftsfeldern und Veränderungen bei Mobilitätsanforderungen auf globaler Ebene. Diese »**neuen Mobilitäts- und Fahrzeugkonzepte in Emerging Markets**« haben wiederum auch einen Einfluss auf städtische Strukturen und Prozesse in Deutschland und Europa.

Tabelle 6: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Internationale Märkte & Wettbewerb«.

Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Internationale Märkte & Wettbewerb«
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Lokale Produktion im urbanen Raum (EF2.1)</li><li>▪ Bündelung von Verkehren (EF2.2)</li><li>▪ Zirkuläre Produktion von Fahrzeugen (EF2.3)</li><li>▪ Neuen Mobilitäts- und Fahrzeugkonzepte in Emerging Markets (EF2.4)</li></ul>

## 5.3 Handlungsfeld 3: Raumstruktur, Bestand und Stadtentwicklung

Die **»Verfügbarkeit großräumiger und klimaneutraler (Hochleistungs-)Verkehre im Modal-Split«** ist für die Gestaltung einer klimaneutralen Stadt entscheidend. 80% der CO<sub>2</sub>-Äquivalente werden im Verkehrssektor vom MIV emittiert. Eine zugunsten des Klimaschutzes geforderte Verdopplung des ÖPNV ist angesichts dynamischer Spitzenbelastungen und unvollständiger Netzabdeckung mit Herausforderungen verbunden. Die technologische Leistungsfähigkeit neuer Lösungen wie urbaner Seilbahnen, 3D-Mobilität oder autonomer Shuttle-Systeme ist noch nicht abschließend geklärt.

Der Trend zu »autoreduzierten« Quartieren und damit der **»Grad der Neuverteilung von öffentlichem Verkehrsraum abseits des PKW«** nimmt seit der Vorreiterfunktion von Städten wie Barcelona kontinuierlich zu. Die Corona-Pandemie führte zu einer Diskussion, die eine Zunahme neuer Verkehrsinfrastrukturen/-anteilen für Fahrräder (=Pop-up-Lösungen) und eine Umverteilung von bestehenden PKW-/LKW-Verkehrsflächen und -achsen zugunsten von Lärmreduktion, Verkehrsberuhigung, Förderung von aktiver Mobilität mit Rad und Fuß adressierte. Zentral wird die Beantwortung der Frage sein, welcher Anteil des öffentlichen Verkehrsraums in Zukunft noch benötigt wird oder einer »elastischen« Nutzung zeit- und geschwindigkeitsabhängig zur Verfügung stehen wird.

Innerstädtische Arbeits- und Produktionsorte sind intensive Verkehrssenken und Zielorte für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Rohstoffe und Betriebsmittel. Gleichzeitig verändern sich Produktionsbedingungen und Wirtschaftsstrukturen durch Digitalisierung und Klimaschutz (Cleantech), aber auch durch urbane Reindustrialisierung (zurück aus globalen Standorten). Damit kommt der **»Flexibilisierung von Unternehmensliegenschaften für neue Nutzungen«** als Spiegel einer dynamischen Veränderung zentraler Orte in neuen Nutzungsmischungen (zeitlich, räumlich, organisatorisch, Multi-Stakeholder, etc.) eine hohe Bedeutung zu, da sich dadurch Personen- und Güterverkehre verändern. Neue Branchen (z.B. Lebensmittelerzeugung) oder Ansätze (z.B. Urban Manufacturing) erfahren ein Wachstum (JLL, 2022).

Für die Großstädte in Deutschland wird ein langfristiges Bevölkerungswachstum prognostiziert, z. B. für München von bis zu +40% bis 2040. Hierzu gehören auch Schwarmstädte als weitere Oberzentren. Mit einer Nachverdichtung des heutigen Gebäudebestands durch Aufstockungen, Neubauten und vertikale Strukturen kann mehr Wohn- und Arbeitsraum bei gleichbleibendem »Fußabdruck« und vorhandenen Infrastrukturen bereitgestellt werden. Offen ist dabei die Frage, wie technische, gesetzliche, klimatische und wirtschaftliche Möglichkeiten in der Erschließung, der baulichen Ertüchtigung und der Vertikalisierung Einfluss auf die **»Nachverdichtung und Vertikalisierung von urbanen Räumen«** in Zukunft nehmen werden.

Tabelle 7: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Raumstruktur, Bestand und Stadtentwicklung«.

### Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Raumstruktur, Bestand und Stadtentwicklung«

- Verfügbarkeit großräumiger und klimaneutraler (Hochleistungs-) Verkehre im Modal-Split (EF3.1)
- Grad der Neuverteilung von öffentlichem Verkehrsraum abseits des PKW (EF3.2)
- Flexibilisierung von Unternehmensliegenschaften für neue Nutzungen (EF3.3)
- Nachverdichtung und Vertikalisierung von urbanen Räumen (EF3.4)

## 5.4 Handlungsfeld 4: Fördermöglichkeiten und Innovationspolitik

Kommunale und hoheitliche Planungs- und Genehmigungsverfahren sind in der integrierten Stadtentwicklung von hohem Zeit- und Ressourcenaufwand geprägt. Unabhängig von der Zuständigkeit (Kommunal-, Landes- oder Bundesebene können **»Beschleunigung und der Automatisierungsgrad der Anwendung der Regulatorik«** in diesen Verfahren einen hohen Einfluss auf den Veränderungsgrad, den Komplexitätsgrad unserer Städte und der gebauten Umgebung (z.B. in der Verkehrswende) nehmen. Neue Werkzeuge wie KI (Künstliche Intelligenz) in der Gesetzesbewertung oder digitale Zwillinge mit Metadaten können zu neuen Ansätzen führen.

Für die Akzeptanz neuer Technologien bedarf es mehr großmaßstäblicher Erprobungs- und Erlebnisräume, in denen nicht die technologische Machbarkeit von Demonstratoren gezeigt wird, sondern vor allem auch das Veränderungs- und Transformationspotenzial (vgl. Verhaltensökonomie, Nudging, Gamification) in gesellschaftlichen und/ oder räumlichen Milieus ausgearbeitet und nachgewiesen wird. Die **»Rolle und Relevanz von Erprobungs- und Erlebnisräumen für Innovation«** als Reallabore nehmen in Städten eine wichtige Funktion ein, um stadtteilbezogene Veränderungen entlang von Adaptions- und Diffusionsprozessen urbaner Innovationen zu etablieren. Zeitliche als auch akteursbezogene Formate sind in diesem Kontext erfolgskritisch.

In der aktuellen Diskussion globaler Herausforderungen (u. a. SDGs, planetare Grenzen, G7) kommt den Kommunen als handelnde und »handlungserfahrende« Akteure eine immer wichtigere Aufgabe zu. **»Handlungs- und Gestaltungsspielräume der kommunalen Ebene«** sind für den Aufbau eines breiten und systemischen »Gesamtangebots« von Lenkungs- und Anreizmaßnahmen in der kommunalen Transformation entscheidend, welches Zielkonflikte zwischen föderalen Ebenen als auch vor Ort (Silostrukturen / Sektorgrenzen) vermeidet und vor allem eine zielgerichtete Multi-Level-Governance ermöglicht.

Dazu sind **»datenbasierte Entscheidungsprozesse und Überwindung von Investitionsstau«** notwendig. Die Digitalisierung von Verwaltungsdaten und das Aufkommen neuer Werkzeuge im Umgang mit komplexen und umfassenden Datenmengen ist ein wesentlicher Einflussfaktor auf die klimaneutrale Transformation von Städten. Neben dem Zugang zu und dem Umgang mit vorhandenen Daten (bis hin zu digitalen Zwillingen und Echtzeitdaten) ist die Operationalisierung und Beschleunigungen von Investitionen, z.B. bei Infrastrukturumbau (Ampeln, Brücken, Straßen, Netze, ...) zu verbessern.

Tabelle 8: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Fördermöglichkeiten und Innovationspolitik«

### Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Fördermöglichkeiten und Innovationspolitik«

- Beschleunigung und der Automatisierungsgrad der Anwendung der Regularien (EF4.1)
- Rolle und Relevanz von Erprobungs- und Erlebnisräume für Innovation (EF4.2)
- Handlungs- und Gestaltungsspielräume der kommunalen Ebene (EF4.3)
- Datenbasierte Entscheidungsprozesse und Überwindung von Investitionsstau (EF4.4)

## 5.5 Handlungsfeld 5: Geschäftsmodelle, Services und Betrieb

Das »**Stadt-Land-Gefälle**« macht sich unterschiedlich bemerkbar. In Ballungsräumen entstehen vor dem Hintergrund potenziell zahlungskräftiger Nutzerinnen und Nutzer rund um die Mobilität neue Geschäftsmodelle, die aufgrund der vorhandenen Optionen in den bevölkerungsreichen und verkehrlich gut angebundenen Innenstädten gar nicht gebraucht werden. Ein Vakuum an Innovation und tatsächlich verfügbarer Mobilität entsteht eher dort, wo kaum bis wenig Kundschaft vorhanden ist, aber die Menschen trotzdem mobil sein wollen und müssen. Langfristig führt dieses »Stadt-Land-Gefälle« zu einem Überangebot an neuen Mobilitätsdiensten in Städten und einer Mobilitätsarmut auf dem Land, insofern dort die fehlende wirtschaftliche Attraktivität nicht durch Ehrenamt und bürgerschaftliches Engagement ausgeglichen werden kann.

»**Nutzen statt Kaufen**«, Sharing, Leasing oder Mietangebote ermöglichen ein zeitgemäßes Format des Abonnements und einen einfachen, flexiblen Zugang zu Konsum- und Gebrauchsgütern für Kundinnen und Kunden. Die wirtschaftliche Tragfähigkeit wird als zentrale Herausforderung für derartige Geschäftsmodelle gesehen. »Mobilität« wird im Vergleich zum Fahrzeugbesitz immer bedeutender. Digitale Plattformen geben dem Teilen und Weitergeben von Produkten (»Nutzen statt Besitzen«) weiteren Schub. Einige Plattformen sind lokal fokussiert und verbinden das Teilen mit der Förderung von nachbarschaftlichem Austausch. Resale-as-a-Service setzt als Geschäftsidee auf den Trend auf. Auch im Mobilitätsbereich entstehen durch die Sharing Economy neue Angebote (»Peer-to-Peer«-Carsharing). »**Neue Geschäftsmodelle durch autonome Fahrzeuge**« bieten viele Potenziale, wie z. B. den Transport von Menschen in ländlichen Räumen, den Transport von Gütern in »Leerzeiten« oder die Verknüpfung von Gruppen und individuellen Bedürfnissen nach flexiblen Fahrten (On-Demand) sowie genügend Komfort in Fahrkabinen und individuellen Platzbedarfen. Pooling von Fahrzeugen und verschiedenen Verkehrsarten (Personen, Güter und Pooling innerhalb verschiedener Wirtschaftsverkehre) führt zu Effizienzgewinnen.

Die Auslastung der Fahrzeuge und geringe Leerzeiten sind für diese Geschäftsmodelle erfolgsentscheidend. »**Neue Mobilitätsdienste**« bieten aus Vertriebsicht für die Automobilhersteller eine Möglichkeit zur Diversifizierung der eigenen Wertschöpfung und zur Sicherung der Konkurrenzfähigkeit in internationalen Märkten. Der Mobilitätsmarkt unterliegt einer starken Digitalisierungs- und Automatisierungsdynamik. Neue Akteure aus dem Technologiesektor investieren fahrzeugseitig in Software und haben sich dort bereits einen Vorsprung gegenüber klassischen OEMs herausgearbeitet. Das Konzept »**Mobility-as-a-Service (MaaS) und nahtlose Mobilität**« verspricht, über die (tiefe)

Integration verschiedener Mobilitätsdienste den Zugang zu multimodalen Angeboten möglichst zu vereinfachen. »Tiefe Integration« bedeutet dabei gemeinsame Schnittstellen für Information und Bezahlung, sowie ggf. gemeinsame Infrastrukturen über alle Angebote hinweg. Das Einbinden einzelner Verkehrsmittel und Angebote ist zurzeit noch aufwändig, da gemeinsame Schnittstellen fehlen. Hier sind Standards und Innovationen notwendig, um in einem einheitlichen Mobilitäts-Ökosystem Effizienz und Flexibilität der MaaS-Systeme zu sichern. Ebenso ist die Frage nach der Monetarisierung bzw. Open Data im Rahmen eines (Mobilitätsdaten-)Marktplatzes und eine mögliche Vermarktung im Rahmen einer Deutschlandapp ein wichtiger Diskussionspunkt.

Die zunehmende Etablierung der **Plattformökonomie** verändert verschiedene Wirtschaftszweige zusehends. So ist auch in der Mobilität eine »Uberisierung« (abgeleitet vom Fahrdienst *Uber*) zu beobachten. Die Plattform verbindet lediglich Fahrerinnen und Fahrer mit Fahrgästen und verwischt dabei zahlreiche Grenzen: Zwischen Produzentinnen und Produzenten sowie Konsumentinnen und Konsumenten, zwischen professionellem Angebot und amateurhaftem Gelegenheitsauftrag, zwischen Unternehmerinnen und Unternehmern sowie Arbeiterinnen und Arbeitern. Das Uber-Prinzip, die Plattformökonomie, verändert den Arbeitsbegriff, vermischt private Hilfe und Schwarzarbeit und ändert das Verständnis und die Regelung von Monopolen. Innovationen im privaten Sektor sorgen auch für Veränderungsdruck und Veränderungsdynamiken im ÖPNV (**»Neuerfindung/Reform des ÖPNV«**). Gefragt sind insbesondere mehr Komfort für den ÖPNV z.B. durch eine Individualisierung der Fahrkabinen, mehr Privatsphäre oder der Bereitstellung von »third places«. Preislich sollte der ÖPNV über die Ticketreform (Pauschalpreise, individuelle Abrechnung) attraktiver werden, andererseits könnte die Finanzierung auch, wenn nötig, über Subventionen sichergestellt werden.

Tabelle 9: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Geschäftsmodelle, Services und Betrieb«.

#### Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Geschäftsmodelle, Services und Betrieb«

- Stadt-Land-Gefälle (EF5.1)
- Nutzen statt Kaufen (EF5.2)
- Neue Geschäftsmodelle durch autonome Fahrzeuge (EF5.3)
- Neue Mobilitätsdienste (EF5.4)
- **MaaS und nahtlose Mobilität (EF5.5)**
- Plattformökonomie (EF5.6)
- Neuerfindung/Reform des ÖPNV (EF5.7)

## 5.6 Handlungsfeld 6: Klima und Umwelt

Der **»Grad der (klimaverträglichen) Integration autonomer Fahrzeuge«** wird als großer Einflussfaktor für die lokale Klimaanpassung und Verkehrsvermeidung überaus kritisch diskutiert. Bei vollständiger Integration mit bestehenden Verkehrsmitteln, also dem ÖPNV und nicht autonomen Fahrzeugen, kann ein positiver Nutzen erreicht werden. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass ein Effizienzgewinn erzielt werden muss, der einen potenziell hohen Bedarf an Energie und Rohstoffen durch die Automatisierung in der Herstellung und Nutzung von Sensorik, Materialien und Server/ IT wieder ausgleicht. Ob der Verkehr durch neue Antriebe und Elektrifizierung (**»Hochlauf der E-Mobilität«**) wirklich klimafreundlicher werden kann, hängt mit der Frage zusammen, wieviel Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien möglich sein wird. Der Hochlauf der E-Mobilität wirkt positiv auf Städte, weil die Emissions- und die Feinstaubproblematik (größtenteils) gelöst werden kann. Große Herausforderungen bestehen hier in Bezug auf die



Ladeinfrastruktur weil bei der Finanzierung, den Verantwortlichkeiten und den Betreibermodellen für Ladesäulen in urbanen Gebieten mit niedriger Eigenheimquote und hoher Mietquote viele Fragen unbeantwortet sind.

Zudem werden **»Alternative Fahrzeugkonzepte (für die Stadt)«** benötigt, da der gegenwärtige Trend zu größeren, schwereren und höher motorisierten Fahrzeugen mit Zielen wie Nachhaltigkeit und Klimaschutz konkurriert. Höhere Verbräuche dieser Fahrzeuge machen die aus der Sauberkeit der Fahrzeugantriebe entstehenden Verbesserungen wieder zunichte. Der höhere Platzverbrauch dieser Fahrzeuge wirkt ebenfalls nachteilig auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz. Neue ressourcenschonende Fahrzeugkonzepte, wie z.B. das Velomobil, Cargo-, E-Bikes und Roller als Lösungen für die letzte Meile, gehören bereits heute zum Stadtbild und werden weiter an Bedeutung gewinnen.

Immer mehr Städte weltweit wagen sich an das Thema **»City-Maut und Co«**, also eine finanzielle Abgabe mit dem Ziel der Verkehrslenkung als Antwort auf Verkehrsstau und Emissionen, heran. Umweltschutz kann aufgrund der geringeren Emissionsbelastung mit der Verkehrsreduktion als gewinnbringend wirken. Einnahmen aus der City Maut können das Budget erhöhen, das für Verkehrsmaßnahmen verwendet werden kann. PKW-Nutzerinnen und -Nutzer übernehmen dadurch je nach Mauthöhe einen Teil der externen Kosten, die sie verursachen. Derartige Maßnahmen wurden in unterschiedlichen Formen beispielsweise in London, Singapur oder Oslo umgesetzt. Diese regulatorischen Maßnahmen zur Wegstreckenvermeidung und Verlagerung können ein wichtiges Instrument für die Klimaneutralität des Verkehrs sein.

Tabelle 10: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Klima und Umwelt«.

Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Klima und Umwelt«
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grad der (klimaverträglichen) Integration autonomer Fahrzeuge (EF6.1)</li> <li>▪ Hochlauf der E-Mobilität (EF6.2)</li> <li>▪ Alternative Fahrzeugkonzepte (für die Stadt) (EF6.3)</li> <li>▪ City-Maut und Co (EF6.4)</li> </ul>

## 5.7 Handlungsfeld 7: Gesellschaft, soziales Umfeld, Akzeptanz

Lebensstile sind kein fixes Konstrukt (**»Einstellungen im Wandel«**), sondern ständig im Wandel und von mehreren Faktoren wie auch demographischen und räumlichen Aspekten abhängig. Die Vielfalt an Lebensstilen (Hypervielfalt) wird sich in Städten und in suburbanen und ländlichen Gebieten bemerkbar machen. Nach Expertenmeinung ist es fraglich, ob das Mobilitätsverhalten auch den Wandel von Einstellungen verändern wird, da das Mobilitätsverhalten stark habitualisiert ist und durch gewohnte oder gelernte Verhaltensweisen bestimmt wird. Es ist zu beobachten, dass eine tendenziell idealistische und postmaterielle junge Generation einen pragmatischeren, taktischeren und situativbedingten Ansatz bei der Verkehrsmittelwahl verfolgt, um mit gestiegenen gesellschaftlichen Anforderungen an Flexibilität und Mobilität durch die Arbeitswelt mithalten zu können. Zudem verändern sich durch den direkten Zugang zu Informationen in Echtzeit sowie eine Transparenz von Mobilitätsdiensten die Nutzungsgewohnheiten (**»Prosumer / Bottom Up (Movement)«**).

Ein individueller, räumlich und zeitlich flexibler Zugang zu Mobilitätsangeboten mit einem größeren Nutzen als zuvor wird möglich. Komplexe und intermodale Wegeketten

lassen sich einfach bewerkstelligen und werden mit einer zunehmenden Routine nutzbar. Die dabei erfahrbare Selbstwirksamkeit und der Erfolg des »Ausprobierens« kann Einstellungen und Perspektiven verändern. Speziell in experimentellen Kontexten und Erprobungsräumen ist das Thema Mitgestaltung von elementarer Bedeutung. Digitale Plattformen (z.B. Uber) erlauben eine zunehmende bedarfs- und verbrauchsorientierte Verknüpfung von Erzeugerinnen und Erzeugern sowie Konsumentinnen und Konsumenten (»Prosumer«). Neue gesellschaftliche Themen der Arbeits- und Freizeitwelt führen zu einer **»veränderten Arbeitswelt«** und sich verändernden Mobilitätsbedarfen. New Work-Themen wie selbstbestimmtes, dezentrales, mobiles Arbeiten und Home-Office haben einen Einfluss auf das Pendelverhalten und als Folge auf einer Reduzierung von Wegstrecken. Durch Plattformen entstehen neue Formate wie die *Gig-Economy* (Vermittlung ortsabhängiger Arbeiten), und die *Cloudwork* (Ortsunabhängiges Arbeiten). Das Konzept der digitalen Arbeitsnomadinnen und -nomaden wird immer beliebter. Veränderungen in der Arbeitswelt (Home-Office, weniger Dienstreisen) wie auch private Konsummuster (Online-Fitnesskurse, Online-Handel) können zu einer Wegevermeidung führen.

Die »Wiederentdeckung des ländlichen Raums« als Folge flexiblere Arbeitsformen und die Digitalisierung von Arbeit und Dienstleistungen führt zu einer Renaissance suburbaner und ländlicher Räume. Die Nähe zur Stadt ist nicht weniger wichtig, aber die individuellen Vorteile wie aktuell günstigere Mieten, mehr Wohnraum und die Nähe zur Natur sorgen in manchen Biografien (Familien mit Kindern) für ein Umdenken. Für die jüngeren Teile der Gesellschaft bleibt die Stadt aber weiterhin aufgrund der hohen Konzentration an Erwerbsmöglichkeiten attraktiver als die peripheren Gebiete. Eine Förderung der **»Technologieoffenheit der Gesellschaft«** ist Voraussetzung für eine gelingende Transformation. Damit Marktakteure in verschiedene Richtungen entwickeln dürfen, sind innovative Umgebungen mit einem innovationsförderlichen Klima notwendig. Demgegenüber steht, dass die Tendenz zur »Bewahrung des Bewährten« ein Thema der Gesellschaft sein könnte. So ist beobachtbar, dass Teile der Gesellschaft mit den derzeit verfügbaren Technologien zufrieden sind. Technologieoffenheit ist dabei abhängig von der Differenziertheit der Lebensstile, z.B. zwischen Stadt und Land, Jugend und Alter oder Politik und Wissenschaft.

Tabelle 11: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Gesellschaft, soziales Umfeld, Akzeptanz«.

#### Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Gesellschaft, soziales Umfeld, Akzeptanz«

- Einstellungen im Wandel (EF7.1)
- **Prosumer / Bottom Up (Movement) (EF7.2)**
- veränderten Arbeitswelt (EF7.3)
- Technologieoffenheit der Gesellschaft (EF7.4)

## 5.8 Handlungsfeld 8: Aktive Mobilität, Umweltverbund, Öffentlicher Verkehr (ÖV)

Der Trend, gesünder, länger und damit auch aktiver zu leben (**»Aktiv, gesund, mobil«**) führt zu einem steigenden Bewusstsein für die positiven gesundheitlichen Folgen von aktiver Mobilität, wie z.B. Radfahren oder Laufen. Auch beim E-Bike rückt das Thema Gesundheit durch bspw. eine automatische Anpassung der Motorunterstützung in den Vordergrund. Beim öffentlichen Verkehr werden in Zukunft die Themen Verfügbarkeit und Verlässlichkeit (**»Stabil-flexibler ÖPNV«**) entscheidend sein, da diese Kriterien für



einen Großteil der Kundinnen und Kunden wichtiger sind als der zu bezahlende Fahrpreis. Gleichzeitig werden die Fahrzeuggrößen je nach Zweck und Einsatzort flexibler werden, z.B. werden kleinere Fahrzeuggrößen wie Robo-Taxen oder People-Moover als Ergänzung zu großen Fahrzeuggrößen eingesetzt. Zusätzliche Effizienzvorteile erzielen kleinere Fahrzeuge in ländlichen Räumen bei geringerer Auslastung im Vergleich zu größeren Fahrzeugen.

Der »**Grad der emotionalen Bindung**« an den Verkehrsträger ist abhängig von aktuellen gesellschaftlichen und ökonomischen Entwicklungen. Der ÖPNV hat z. B. während der Corona-Pandemie an Attraktivität verloren, umgekehrt während der Zeit des 9-Euro-Tickets an Attraktivität gewonnen. Der ÖPNV wird häufig lediglich auf seine technische Funktion reduziert und weniger nach emotionalen Kriterien optimiert, so wie es beispielsweise in der Fahrzeugentwicklung der Fall ist. Eine mögliche Stärkung der emotionalen Bindung an den ÖPNV erfordert eine Auseinandersetzung mit der User Experience, um gezielt den Grad der emotionalen Bindung und damit eine stärkere Kundinnen- und Kundenbeziehung zum ÖPNV aufzubauen (Emotional Branding), z.B. durch Soundengineering, UX, Branding und Marketing.

In den meisten Kommunen ist die Verkehrssteuerung bzw. Verlagerung (»Umweltverbund-Förderung«) bereits heute ein hochpriorisiertes Thema. Durch dynamisches Parkraummanagement soll der MIV reduziert werden und durch den Fuß- und Radwegebau wird aktive Mobilität gefördert. Auch wenn die nachträgliche Integration in die historisch gewachsenen Städte und die autogerechte Planung in der Vergangenheit auf den Umbau des urbanen Verkehrs hemmend wirken, sind die meisten Kommunen gewillt, die Mobilitätswende voranzubringen und den Umweltverbund auszubauen.

Tabelle 12: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Aktive Mobilität, Umweltverbund, ÖV«

Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Aktive Mobilität, Umweltverbund, ÖV«
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aktiv, gesund, mobil (EF8.1)</li> <li>▪ Stabil-flexibler ÖPNV (EF8.2)</li> <li>▪ Grad der emotionalen Bindung (EF8.3)</li> </ul>

## 5.9 Handlungsfeld 9: Technologieentwicklung und Transformation

Technologien für Smart Cities (»Smart City Tech«) werden in unterschiedlicher Form die Mobilität von morgen beeinflussen. Smart-City-Technologien setzen voraus, dass Datenstrukturen in den Städten existieren und funktionieren, dass intelligente Transportsysteme die Logistik beeinflussen und dass eine Kommunikation der Infrastruktur mit Fahrzeugen und die Kommunikation von Fahrzeugen untereinander möglich ist (Car2X). Der digitale Zwilling (Twin City) ist ein Fundament für Technologie für Smart Cities.

Technologieträger, die eine Energieversorgung für E-Mobilität bereitstellen und »**Alternative Antriebe**« ermöglichen, werden sich weiterentwickeln. E-Fuels können evtl. eine Brückentechnologie sein, werden aber aufgrund des absehbar auf dem Markt verfügbaren Volumens z. Zt. eher für eine Nutzung in Flugzeugen und Schiffen priorisiert. Es ist anzunehmen, dass Wasserstoff einen Beitrag zur Energieversorgung der gebauten Umwelt leisten kann. Jedoch bestehen noch wesentliche Forschungsfragen beim Verbrauch, der Umwandlung und der Speicherung, auch da Wasserstoff nicht in Städten produziert wird und sich derzeit insbesondere Anwendungen im industriellen Umfeld zeigen.

»**Kooperation und Governance**« an der Schnittstelle zwischen individueller Mobilität und ÖPNV muss stärker Hand in Hand gehen (Perspektive der Städte vs. Perspektive der Nutzer). Digitale Plattformen werden die Governance verändern, indem Betreiber effizientere Services anbieten, die Schnittstelle zu Kundinnen und Kunden verbessert wird und eine nahtlose Verknüpfung intermodaler Angebote möglich sein wird. Der Erfolg der Transformation wird getragen von einer intensiven Vernetzung aller beteiligten Akteure (Betreiber, Service- und Mobilitäts-Dienstleister, Städte, Kommunen).

Hinsichtlich des Einflussfaktors »**Vertikale Mobilität und autonomes Fahren**« ist beobachtbar, dass vertikale Mobilität zwar relevant werden wird, aber voraussichtlich nur für ein zahlungswilliges und -fähiges Klientel. Im Hinblick auf autonomes Fahren ist festzustellen, dass Städte nicht einfach umbaubar sind, so dass autonome Fahrzeuge umfassend und flächendeckend funktionieren können. Über einen langen Zeitraum wird Mischbetrieb notwendig sein. Eine abschließende Antwort auf die Frage, wo autonomes Fahren vollständig für alle bisherigen MIV-Prozesse funktionieren kann, ist noch nicht vorhanden, zumal die Komplexität der Städte evtl. zu groß ist, um autonomes Fahren im städtischen Kontext bis zum Jahr 2045 vollständig möglich zu machen.

Tabelle 13: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Technologieentwicklung und Transformation«

**Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Technologieentwicklung und Transformation«**

- Alternative Antriebe (EF9.1)
- Kooperation und Governance (EF9.2)
- Vertikale Mobilität und autonomes Fahren (EF9.3)

## 5.10 Handlungsfeld 10: Politik und Verwaltung

Mit einer gezielten »**Infrastrukturpolitik (System of Systems, Sektorkopplung und Umgang mit Verteilungskämpfen)**« werden Technologien und Transformationsprozesse im Kontext von »Infrastruktur« die Voraussetzungen für eine andere Mobilität schaffen, so dass die Beendigung einer technischen Laissez-faire Politik der Vergangenheit angehören würde. Stromnetzbetreiber stehen derzeit vor der Herausforderung, eine wachsende Anzahl von batterieelektrischen Fahrzeugen mit den derzeitigen Netzen und Infrastrukturen zuverlässig zu versorgen. Eine unzureichende Stromverteilung kann zu Verteilungskämpfen führen (z.B. Verkehr vs. Industrie).

Partizipation und die Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern wird stärker nachgefragt. Durch digitale Tools (»**Digitale Beteiligung**«) entsteht eine neue Beteiligungskultur. Es kann neue und andere Zugänge der Partizipation geben, z. B. Intermediäre zur Entscheidungsvorbereitung in einer postdemokratischen Governance-Architektur. Dies geht mit einem »Bürokratieabbau und neuen Prozessen« (Veränderung von Verfahren im Kontext der Mobilität) einher. Neue Partizipationsmodelle, die Transparenz und Klarheit (insbesondere auch durch die Möglichkeiten der Digitalisierung) mit sich bringen, führen dazu, dass Partizipation zielführend »abgeschlossen wird«. Einer immer komplexeren und weniger beherrschbaren Regulatorik kann nur durch einen gezielten Bürokratieabbau begegnet werden. Offen ist, ob eine Hierarchie von Regelungen notwendig ist, z.B. bei Klima- und Denkmalschutz, oder eine neue / andere Regulatorik sinnvoll ist, um die komplexen Anforderungen an die Mobilität in einer zunehmend digitalisierten Welt zu bewältigen.

Die Rolle der Städte (»**Autonomie der Städte**«) wird immer wichtiger, da sie eigenständig Entscheidungen treffen können, die für Anbieter von Fahrzeugen unattraktiv (aber

notwendig) sind. Hier entsteht ein besonderer Kommunikationsbedarf. Nachweisbare Erfolge müssen geschaffen werden (Mehrwerte herausarbeiten) und anschließend auch kommuniziert werden (Transparenz schaffen), um Akzeptanz vorzubereiten. Von besonderer Bedeutung ist hier der Umgang mit Ambivalenz und Ambiguität. Neue Standards, z.B. durch Visualisierung (Augmented Reality, Virtual Reality) und Simulationen, können Vorteile bewirken, die bessere Entscheidungen, die unangenehm, unsicher oder vieldeutig sind, ermöglichen.

-----  
Strategische Handlungsfelder und  
Einflussfaktoren  
-----

*Tabelle 14: Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Politik, Verwaltung«.*

Relevante Einflussfaktoren im Handlungsfeld »Politik, Verwaltung«
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Infrastrukturpolitik (System of Systems, Sektorkopplung &amp; Umgang mit Verteilungskämpfen) (EF10.1)</li><li>▪ Digitale Beteiligung (EF10.2)</li><li>▪ Autonomie der Städte (EF10.3)</li></ul>

## 6 Explorative Szenario-Entwicklung für 2045

### 6.1 Vorgehensweise

In einem kooperativen Prozess wurden aus über hundert Rohszenarien mit hoher Konsistenz ausgewählte Szenarien auf Basis alternativer Zukunftsprojektionen näher untersucht und beschrieben. Jedes Zukunftsszenario besteht in der Grundstruktur aus 15 alternativen Projektionen der Schlüsselfaktoren. Der Fokus lag dabei auf den systemischen Zusammenhängen und sozio-technischen Wirkungsketten in der zielgerichteten Transformation von Mobilität in nachhaltigen, klimaneutralen Städten und Regionen über die nächsten 22 Jahre.

Nachfolgend werden die drei ausgewählten Referenzszenarien Dezentrali.sation, Retrofit.City und Electri.City kurz skizziert, die Tabelle 15 zeigt die wichtigsten Charakteristika jedes Szenarios auf:

Tabelle 15: Übersicht über die dominanten Zukunftsprojektionen in den Szenarien

Szenario #1: Dezentrali.sation	Szenario #2: Retrofit.City	Szenario #3: Electri.City
Aktive Mobilität und 15-Minuten-Erreichbarkeit	Hohe Nachverdichtung im Bestand	MaaS & nahtlose E-Mobilität
Hohe Autarkie für Städte und Quartiere	Modulare Fahrzeugkonzepte	Regulatorische Intervention
Starke Regionalverdichtung	Symbiotische Logistik	Multi-Level Governance für Sektorkopplung
Leichtbau im urbanen System	ÖPNV 2.0	E-Mobilität als regionaler Wirtschaftssektor
Zelluläre Infrastrukturpolitik	Politik auf Augenhöhe	Top-Down Infrastrukturpolitik

Anschließend werden beispielhaft vergleichende Indikatoren für jedes Szenario aufgezeigt. Das Ziel der Indikatoren ist die Verdeutlichung der Szenarien durch die Herstellung eines Praxisbezugs und der Herausarbeitung exemplarischer drastischer Veränderungen, auf denen die Szenarien basieren (siehe S.37f, 42f, 47).

## 6.2 Szenario 1: Dezentralisation

Was wäre, wenn dezentral organisierte Stadträume ein neues Mobilitätsparadigma ermöglichen? Dezentralisation stellt bis 2045 erstmalig den Paradigmenwechsel von der Theorie von Städten als zentrale Orte [94] hin zu dezentralen Zivilisationsstrukturen dar. Die Zentralität von Groß- und Mittelstädten hat hier ihre primäre Funktion verloren. Zelluläre Strukturen aus vernetzten Lebens- und Wirtschaftsräumen unter dem Leitbild der kurzen Wege und der 15-Minuten-Stadt der 2020er Jahre haben klassische Raumhierarchien abgelöst. Für klimaneutrale Mobilität ergeben sich u.a. folgende Effekte:

- **Kurze Distanzen**, die hauptsächlich zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden können und **Einsparung von Fläche** durch den Rückgang von privatem MIV.
- Neue Herausforderungen für Stadt- und Verkehrsplanung zwischen **Förderung von aktiver Mobilität** und Warenversorgung durch **quartiersintegrierte Logistik**.
- **Neue Geschäftsmodelle**, die Fuß- und Fahrradmobilität ergänzen. Dazu gehören z.B. Alternativen im Bereich der Mikromobilität oder tragfähige Sharing-Konzepte.

Über die Jahre hinweg haben die Menschen in den Städten gelernt, dass durch kompakte Siedlungsstrukturen, einhergehend mit einer sparsamen neuen Inanspruchnahme von Flächen und einem klugen Recycling von Flächen, attraktive Wohnquartiere entstehen konnten, die zum Aufenthalt einladen.

Die Attraktivität konnte durch eine ausgewogene Durchmischung miteinander verträglicher Nutzungen erreicht werden. Insbesondere die Erreichbarkeit von Einrichtungen der Nahversorgung und Orten der Naherholung in fußläufiger Entfernung oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln trugen dazu bei, dass Linien des schienengebundenen öffentlichen Verkehrs zu Entwicklungsachsen für eine Raumstruktur dezentraler Konzentration auch in den Vororten und Randgebieten werden konnten.

Im Laufe der Jahre führte die dezentrale Organisation des Stadtsystems zu einer verbesserten Lebensqualität. Der städtische Verkehr reduzierte sich, die Bürgerinnen und Bürger verbrachten zunehmend weniger Zeit im und mit dem Verkehr und die lange gestiegene Land-Flucht konnte beendet werden. In Folge eines ausgewogenen Zusammenspiels aus gesetzgeberischen Prozessen und Planungsprozessen, die der gestiegenen Komplexität gerecht wurden, konnten im Laufe der Jahre die Flächen stetig neu verhandelt, angepasst und in eine Balance gebracht werden, so dass aktive Mobilität in einer gesunden Stadt möglich wurde.

Vergleichende Indikatoren und die relevanten Projektionen für das Szenario sind in Tabelle 16 und Tabelle 17 zusammengefasst.

Tabelle 16: Vergleichende Indikatoren - Dezentralisation

Vergleichende Indikatoren – Was das Szenario bedeutet		
<b>I1 Umbau zu 15-Minuten-Städten</b>  Im Laufe von 20 Jahren eine jährliche Umgestaltung von 16.000m <sup>2</sup> Siedlungs- und Verkehrsflächen pro Großstadt <sup>1</sup>	<b>I2 Reduktion täglicher Pendlerwege</b>  Reduktion der durchschnittlichen täglichen Pendlerstrecken in Deutschland je Bürgerin und Bürger um 40% <sup>2</sup>	<b>I3 Ausbau ÖPNV-Angebot</b>  Wesentliche städtische Angebote für Wohnen, Arbeiten, Handel, medizinische Versorgung, Bildung und Unterhaltung müssen jederzeit innerhalb von 15 Minuten ohne Auto erreichbar sein <sup>3</sup>

Tabelle 17: Projektionen im Szenario Dezentralisation

Schlüsselfaktor	Projektion	Beschreibung der Projektion
<b>Dominierende Projektionen</b>		
Umweltverbund-Förderung	Förderung aktiver Mobilität	Es findet eine deutliche Verlagerung vom MIV, aber auch vom ÖV und Fußwegen auf das Fahrrad statt. Ursächlich hierfür ist die deutliche Verbesserung der Fahrradinfrastrukturen, die das Radfahren und auch Abstellen schneller und sicherer machen
Entwicklung Lieferverkehre und urbane Warenversorgung	Autarke Städte und Quartiere (Lieferverkehr)	Anhaltende globale Konflikte und gestörte internationale Lieferketten haben eine Deglobalisierung herbeigeführt. Ausgewählte Güter und Lebensmittel werden lokal hergestellt und bereitgestellt. Die gesteigerte lokale Wertschöpfung führt zu einem Rückgang an urbanem Wirtschafts- und Lieferverkehr.
Grad der Nachverdichtung und Vertikalisierung von urbanen Räumen	Starke Regionalverdichtung (Vertikalisierung)	Anhaltende Nachverdichtung der Städte um >25% (Innenentwicklung und Wachstum ohne Flächenverbrauch) ggü. 2022.
Alternative Fahrzeugkonzepte	Bau_Leicht	Bauliche Anpassungen und städteplanerische Interventionen haben den motorisierten Stadtverkehr weitgehend verdrängt. Fahrzeuge sind in den meisten Innenstadtbereichen nicht mehr notwendig oder nicht mehr zugelassen, da sich viele Bedarfe über die unmittelbare Lebensumgebung oder digital decken lassen. Verbliebene Fahrzeugkonzepte sind leicht motorisiert oder lediglich unterstützend (ähnliche Pedelec).
Rolle und Relevanz von »Erprobungs- und Erlebnisräumen« für Innovation	Mix aus Top-Down & Bottom up	Die Stadt wurde zum Erprobungs- und Erlebnisfeld. Thematische Schwerpunkte der Mobilitätswende vermischen sich mit Themen der Flächennutzung sowie der Energieeffizienz

<sup>1</sup> Entspricht der durchschnittlichen Größe von zwei Superblocks in Barcelona (insgesamt 320.000m<sup>2</sup>) [81].

<sup>2</sup> Durch flexible Arbeitskonzepte wie »Remote Work« und »Work-from-anywhere« können weite Pendlerwege durch flexible Arbeitsmöglichkeiten im Viertel teilweise substituiert werden [49, 42]. In diesem Beispiel wird davon ausgegangen, dass zwei Tage pro Woche Arbeitsmöglichkeiten im Viertel genutzt werden.

<sup>3</sup> Entspricht dem Konzept einer 15-min Stadt [89].

		und bereichern sich gegenseitig. Wenngleich von unterschiedlichen Perspektiven kommend ziehen kommunale Verwaltung, Unternehmen und Zivilgesellschaft an einem Strang.
Infrastrukturpolitik (System of Systems, Sektorkopplung & »Verteilkämpfe«)	Zelluläre Infrastrukturpolitik	Aus Priorisierungsgründen wurde der Infrastrukturausbau und -modernisierung in urbanen Räumen vorangetrieben. Dies erschwert Infrastrukturbedingungen (z.B. bei Verkehr und IoT) in ländlicheren Gebieten.
<b>Ergänzende Projektionen</b>		
Neue Mobilitätsdienste	Dezentral & Individuell	Viele verschiedene kleinstrukturierte Ideen (z.B. Fahrgäste als Paketzustellerinnen und -zusteller), Lieferdienste etc. - viel Angebot, aber nicht organisiert. Neue Mobilität: Viele kleinteilige und dezentrale Konzepte auch Fahrzeuge für spezifizierte Anwendungsfälle = VEHICLE FIT FOR PURPOSE.
MaaS und nahtlose Mobilität	Öffentlich gebunden	Der schienen- und haltestellengebundene ÖPNV stellt weiterhin die gängigste Art und Weise der öffentlichen Fortbewegung dar. Festgelegte Taktfahrzeiten sowie autonome Fahrersysteme ermöglichen einen effizienten Personentransport.
Grad der Neuverteilung von öffentlichem Verkehrsraum abseits des PKW	Status Quo 2.0	Nach wie vor ist das Auto das präferierte städtische Verkehrsmittel. Die Infrastruktur bleibt dafür ausgelegt. Dennoch besteht die Option für weitere Verkehrsmittel (Fahrräder, Mikromobilität), die sich entlang dieser Hauptverkehrsachsen auf eigenen großzügig ausgebauten Spuren bewegen.
Grad der (klimaverträglichen) Integration autonomer Fahrzeuge	Autonome Pilotierung	In 2045 gibt es in allen Großstädten ein erstes Angebot autonomer Fahrzeugflotten, welche bei Bedarf auf festgelegten Routen geordert werden können und als Taxi (Robotaxi) fungieren.
Kooperation & Governance	P2P Mobility	Statt einer zentralen Plattform besteht der Zugang zu Mobilität über lokale Initiativen und Apps auf lokaler Ebene oder innerhalb des Quartiers. Diese unabhängigen Lösungen sind niedrighschwellig und auf die individuellen Benutzerbedürfnisse vor Ort angepasst. Schnittstellen zu anderen Applikationen ermöglichen bei Bedarf den Zugang zu weiteren Diensten und Fahrzeugen, die nicht immer unmittelbar bedient werden können.
Hochlauf der E-Mobilität	Standortfaktor Elektromobilität	Elektromobilität ist ein zentraler Standortfaktor. Energieversorger und OEMs betreiben die Ladesäulen und bieten umfangreiche on-Site Services (neue Geschäftsmodelle) [B2B/B2C]. Unternehmen, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen bieten den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die Möglichkeit eines charge@work. Energiesicherheit bzw. die garantierte Bereitstellung von Energie für Elektromobilität wird zu einem Standortfaktor im »war of talents«.
Stadt-Land-Gefälle	Autonomes Land	Ländliche, tendenziell von Mobilitätsarmut geprägte Regionen, haben begriffen, dass sie ihre »Mobilitätssysteme« selbst in die Hand nehmen müssen. Es hat sich ein Ökosystem

		entwickelt, in dem mobilitätsarme Regionen gemeinsam Lösungen für ihren Bedarf entwickeln, erproben und implementieren, auch dadurch, dass sie von städtischen Ökosystemen lernen, welche dieser Modelle und wie diese übertragbar sind. Diese Prozesse werden von genossenschaftlichen Ansätzen und zivilgesellschaftlichem Engagement getragen.
Handlungs- und Gestaltungsspielräume der kommunalen Ebene in der Transformation	Öffentliche Verwaltung als gemeinwesenbasierte Plattform	Die öffentliche Verwaltung ist durch eine hohe »absorptive capacity« gekennzeichnet. Sie fungiert als gemeinwesenbasierte Plattform und fokussiert auf die Bereitstellung von von »Purpose«/ »Public Value«. Sie wird getragen von cross-funktionalen Solution-Teams und einer partizipatorischen Zentrierung auf Nutzerinnen und Nutzer. Dadurch wurden Silo- und Sektorgrenzen überwunden und Handlungs- und Gestaltungsspielräume im Rahmen einer kommunalen Transformation werden möglich.
Nutzen statt Kaufen	Ausbau P2P-Angebote	Vor allem aus Rentabilitätsgründen haben viele der in den vorgehenden Jahren aktiven Carsharing-Anbieter den Markt verlassen bzw. sich stark zurückgezogen. Aus ökologischen, aber vor allem auch finanziellen Gründen hat sich die gesellschaftliche Bewegung des privaten Teilens weiter in den Mainstream etabliert. Die Bedeutung des eigenen Autos als Statussymbol hat weiter abgenommen.

Für das Szenario Dezentralisation können die in Tabelle 18 skizzierten Maßnahmen und Instrumente unterstützende Wirkung entfalten:



Tabelle 18: Maßnahmen und Instrumente im Szenario Dezentralisation

Rechtlichen Rahmen umgestalten	Umgestaltung der Verkehrsinfrastruktur
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Straßenverkehrsgesetz (StVG)-Novelle: neben Sicherheit und Leichtigkeit im Verkehr auch Schutz von Gesundheit, Klima und Umwelt, Wahrung attraktiver Stadtgestaltung als Ziele benennen</b></li> <li>- <b>Straßenverkehrsordnung (StVO)-Reform:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Allgemeine Zielsetzung: Kommunale Gestaltungsmöglichkeiten</b></li> <li>o <b>Erweiterte Erprobungsklausel</b></li> <li>o <b>Regelhöchstgeschwindigkeiten</b></li> <li>o <b>Leichtigkeit &amp; Sicherheit Fußverkehr (Überwege, Vorrang)</b></li> <li>o <b>Kein Begründungszwang bei Radstraßen/-zonen &amp; Schutzstreifen</b></li> <li>o <b>Effektive (digitalisierte) Parkraumbewirtschaftung</b></li> <li>o <b>Sondernutzungserlaubnis Sharing-Fahrzeuge</b></li> <li>o <b>Umnutzung Straßenraum: Begegnungs-/ Fahrradzonen, Vorrang ÖPNV</b></li> <li>o <b>Ladezonen für gewerbliche Lieferverkehre</b></li> </ul> </li> <li>- <b>Experimentierräume schaffen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Experimentierklauseln (u.a. Personenbeförderungsgesetz, Reallabor-Gesetz)</b></li> <li>o <b>One-stop-Shops</b></li> <li>o <b>Förderung von Reallabor-Projekten</b></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Ausbau Rad- und Fußinfrastruktur</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Erhöhung der nationalen Radverkehrsförderung</li> <li>o Nationale Förderung Fußverkehr</li> </ul> </li> <li>- <b>Gestaltung des fließenden Verkehrs</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Rückbau von Fahrspuren für MIV</li> <li>o Einrichtung von Multifunktionsstreifen (Nutzmischung)</li> <li>o Autofreie Zonen</li> <li>o Tempo 30</li> </ul> </li> <li>- <b>Gestaltung ruhender Verkehr</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Aktive Parkraumbewirtschaftung</li> <li>o Erhöhung und differenzierte Gebührenerhebung für das Parken von Bewohnerinnen und Bewohnern</li> <li>o Anpassung der Größe von Parkplätzen</li> <li>o Ausweisung von Parkflächen für Elektrokleinstfahrzeuge</li> </ul> </li> <li>- <b>Verkehrsplanung:</b> Fachkräftemangel in kommunaler Verkehrsplanung entgegenwirken (»Booster-Programm«)</li> </ul>
Nachfrage-Instrumente	Angebots-Instrumente
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>49 Euro-Ticket</b></li> <li>- <b>City-Maut / Fahrverbote: Differenzierung der Ausgestaltung – von Kiezblocks bis autoarme Innenstädte</b></li> <li>- <b>Bepreisung von Fahrzeugen: Dieselsteuerprivileg, CO<sub>2</sub>-Preis</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Ausbau des ÖPNV:</b> Angebotsqualität des ÖPNV erhöhen</li> <li>- <b>MaaS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Aktive Politik in Richtung Sharing</li> <li>o Verpflichtung von Mobilitätsanbietern zur Datenweitergabe</li> <li>o Kommunaler Lead bei digitalen Plattformen</li> </ul> </li> </ul>

## 6.3 Szenario 2: Retrofit.city

*Was wäre, wenn industrielle Bauverfahren urbane Strukturen und deren Nachverdichtung prägen?* Retrofit.City stellt bis 2045 eine extreme Ausprägung der Nachverdichtung heutiger Stadtstrukturen mittels starker technologischer Fortschritte (»Leapfrogging«) dar. Dabei werden heute eher gering genutzte Flächen inklusive ökologischer und sozialer Infrastruktur maximal aktiviert und auch die Erschließung unterirdischer Potenziale verfolgt. Dies wird durch eine lokal partizipative und gemeinwohlorientierte Umbaukultur erreicht.

Für klimaneutrale urbane Mobilität ergeben sich u.a. folgende Effekte:

- neue Perspektiven für eine **modulare Gesamtarchitektur** von Verkehr, Gebäuden, Technologie und Infrastrukturen als Plug und Play-Lösungen
- neue **branchenübergreifende Kooperationen**, z.B. zwischen Immobilien-, Mobilitäts- und Infrastrukturwirtschaft als horizontale Wertschöpfungsmuster
- neue Herausforderungen, um vorhandene Fahrzeuge und Mobilitätsdienste bedarfsgerecht **in urbane Bestandsstrukturen anzupassen** und »seamless« (in Quartiere) zu integrieren.

Über die Jahre hinweg haben die Menschen in den Städten gelernt, dass die gezielte Wandlungsfähigkeit von Siedlungsstrukturen durch ausgeklügelte Revitalisierungsstrategien und eine ausgeprägte Umbaukultur einen sparsamen Umgang mit Flächen ermöglichen. In diesem Kontext haben insbesondere finanzschwächere Städte und Kommunen auf Basis eines langfristig ausgerichteten strategischen Technologiemonitorings gelernt, Technologiesprünge gezielt für die Revitalisierung zu nutzen. Zudem führten hohe Investitionen in den Ausbau der Umweltverbundinfrastruktur dazu, dass Staus reduziert werden konnten. Im Gegenzug führte der verstärkte Einsatz modularer Strategien bei der Entwicklung von Siedlungsstrukturen und der Fokus auf die Umgestaltung von »leeren« Flächen (z.B. Brachflächen, Dächern, Parkplätzen, Straßen) zu neuen Herausforderungen im Verkehr. Die gezielte Nachverdichtung (Retrofitting eines Gebäudes in seiner Umgebung) führte im Laufe der Zeit zu einer neuen Generation von Fahrzeugkonzepten, die einen effizienten Verkehr in der verdichteten Retrofit.city ermöglichten.

Vergleichende Indikatoren und die relevanten Projektionen für das Szenario sind in Tabelle 19 und Tabelle 20 zusammengefasst.

Tabelle 19: Vergleichende Indikatoren – Retrofit.city

Vergleichende Indikatoren – Was das Szenario bedeutet		
<b>I1 - Anstieg der Mikromobilität</b>  40% aller zurückgelegten Strecken unter 5 km werden mit Lösungen der Mikromobilität zurückgelegt <sup>4</sup>	<b>I2 - Anstieg neuer Logistiklösungen</b>  40% der Kurier-Express-Paket (KEP) Logistik in den Quartieren wird mittels autonomer Lösungen erfolgen <sup>5</sup>	<b>I3 – Verbreitung von Seilbahnen</b>  In 30% der deutschen Metropolen werden Verkehre anteil teilig von urbanen Seilbahnen übernommen. <sup>6</sup>

Tabelle 20: Projektionen im Szenario Retrofit.city

Schlüsselfaktor	Projektion	Beschreibung der Projektion
<b>Dominierende Projektionen</b>		
Kooperation & Governance	ÖPNV 2.0	Der städtische Verkehrsbetrieb bildet den Mobilitäts-Backbone der Stadt. Er orchestriert ein Ökosystem aus öffentlichen Angeboten, Privat-Public-Partnerships und zivilgesellschaftlichen / ehrenamtlichen Initiativen über ein zentrales Tarif- und Preisangebot.
Alternative Fahrzeugkonzepte (für die Stadt)	Modularity (Neue Fahrzeugkonzepte für die Stadt) und Leichtbau	Weiterhin ist das Mobilitätsbedürfnis der Menschen groß (v.a. in abgelegenen Stadtteilen). Es gibt spezielle Fahrzeugkonzepte, die ausschließlich für den Raum konzipiert wurden und dort zum Einsatz kommen (flächeneffizient, funktional, modular, zirkuläres Bauprinzip, emissionsfrei, autonom). Ergänzend haben bauliche Anpassungen und städteplanerische Interventionen den motorisierten Stadtverkehr weitgehend verdrängt. Fahrzeuge sind in den meisten Innenstadtbereichen nicht mehr notwendig oder nicht mehr zugelassen, da sich viele Bedarfe über die unmittelbare Lebensumgebung oder digital decken lassen. Verbliebene Fahrzeugkonzepte sind leicht motorisiert oder lediglich unterstützend (ähnliche Pedelec).
Grad der Nachverdichtung und Vertikalisierung von urbanen Räumen	Earthscrapers	Neue Funktionen, steigender Klimawandel und technischer Fortschritt lassen die Städte nach unten wachsen. Damit entstehen neue Vernetzungsmöglichkeiten für Mobilität und Logistik.
Entwicklung Lieferverkehre und urbane Warenversorgung	Symbiotische Logistik und AHD Overload	1. Transport-Symbiose - Güter- und Personenlogistik werden stark verzahnt. Flächen, Fahrzeuge und Infrastrukturen werden gleichermaßen genutzt, um einen hocheffizienten und hoch

<sup>4</sup> Über 48% der MIV-Strecken in Deutschland hin zur Arbeits-/Ausbildungsstätte sind kürzer als 10km [34]. Laut einer Studie der PTV Group sind beispielsweise 40% der MIV-Strecken in Stuttgart kürzer als 5km. [93]

<sup>5</sup> Die KEP-Branche ist eine der am schnellsten Wachsenden Wirtschaftsbereiche [3]. Zur Erreichung lokaler und internationaler Ziele klimaneutraler Städte und vor dem Hintergrund zunehmender Personalmängel muss aus diesem Grund ein Großteil der Logistik in den Vierteln zukünftig autonom gestaltet werden.

<sup>6</sup> Im Jahre 2020 wurden urbane Seilbahnen als Form des öffentlichen Personennahverkehrs als »Förderungsfähige Vorhaben« in das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes (GVFG) aufgenommen [35]. Potenziell können je nach Größe ca. 2.000 (Toulouse, London, Bonn) [73] bis zu 26.000 (La Paz) Fahrgäste pro Stunde transportiert werden [129].

		<p>technologisierten Wirtschafts- und Nahverkehr zu schaffen. Somit lässt sich das gestiegene Gütervolumen und die Zunahme bei den Fahrgastzahlen mit den bestehenden Flächen und Strukturen bewältigen.</p> <p>2. Zunehmende Individualisierung und gewachsener Wohlstand führen zu einem erhöhten Bedarf an Produkten und ressourcenintensiven Diensten im urbanen Raum. Technologischer Fortschritt und Effizienzsteigerungen wurden von der starken Nachfragezunahme kannibalisiert. Insgesamt kommt es zu einem stark gesteigerten Wirtschafts- und Lieferverkehr.</p>
<b>Ergänzende Projektionen</b>		
Nutzen statt Kaufen	Kommerzielle Angebote	Das Carsharing-Angebot in Städten hat sich weiter etabliert und prägt, durch den Rückgang an privaten Fahrzeugen, zunehmend das Stadtbild. Kommerzielle Anbieter haben den Bedarf an flexiblen Lösungen entdeckt, der Rückgang rein stationärer Angebote der vergangenen Jahre setzt sich fort. Da das Carsharing immer häufiger zum Ersatz für das eigene (Erst-)Fahrzeug wird, stellen sich die Anbieter breit auf.
Infrastrukturpolitik (System of Systems, Sektorkopplung & »Verteilkämpfe«)	Land überholt Stadt	Durch unkomplizierte Initiativen und neue Betreibermodelle (z.B. Plattformgenossenschaften) haben sich die Infrastrukturbedingungen auf dem Land deutlich verbessert - in Städten bleibt es aufgrund rechtlicher Barrieren kompliziert.

Für das Szenario Retrofit.city können die in Tabelle 21 skizzierten Maßnahmen und Instrumente eine unterstützende Wirkung entfalten:

Tabelle 21: Maßnahmen und Instrumente im Szenario Retrofit.city

Rechtlicher Rahmen	Stadtentwicklung nachhaltiger denken
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>StVO und StVG novellieren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Kommunale Gestaltungsmöglichkeiten</b></li> <li>o <b>Erweiterte Erprobungsklausel</b></li> <li>o <b>Leichtigkeit und Sicherheit Fußverkehr (z.B. Überwege, Vorrang)</b></li> <li>o <b>Effektive (digitalisierte) Parkraumbewirtschaftung</b></li> <li>o <b>Sondernutzungserlaubnis Sharing-Fahrzeuge</b></li> <li>o <b>Ladezonen für gewerblichen Lieferverkehr / Bußgelder für widerrechtliche Nutzung</b></li> </ul> </li> <li>- <b>Rechtlicher Rahmen für beschleunigte bauliche Veränderung</b></li> <li>- <b>(städtische) Experimentierfelder ermöglichen (Experimentierklauseln, Förderprogramme, Formate zum Wissenstransfer)</b></li> <li>- <b>Neue kommunale Instrumente / Mechanismen für Bestand etablieren (Liegenschaftsmanagement, intelligente städtebauliche Verträge)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Verkehrsplanung</b> in Kommunen als Planungsinstrument nachhaltiger Mobilität etablieren (SUMP)</li> <li>- <b>Zusammenarbeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Branchenübergreifende Kooperationen etablieren (Mobilität, Energie, Bau)</li> <li>o Bzgl. Luftreinhalteplanung, Zusammenarbeit verschiedener kommunaler Fachabteilungen</li> <li>o Planungs- und Ausführungspartnerschaften zwischen Stadt und Wirtschaft</li> </ul> </li> <li>- <b>Transparenz und Sichtbarkeit</b> für nachhaltige Stadtentwicklung schaffen (z.B. über Voluntary Local Review)</li> <li>- <b>Umbau Quartiere</b> mit integrierten Mobilitätslösungen (District-Maas)</li> <li>- <b>Niederschwellige Anreize</b> für Handwerk, Eigentümerinnen und Eigentümer etc. schaffen (z.B. Qualifizierungsprogramme, Förderprogramme für Kooperationen, serielles / industrialisiertes Handwerk/Ausführung aufbauen)</li> <li>- <b>Große Transformationsfonds</b> auflagen in Kommunen (public-private) (Transformations-fonds, Green bonds, ESG (Environmental, Social, Governance)-Mechanismen)</li> </ul>
Sharing aus der Nische bringen	Automatisierung und Vernetzung
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Sharing als politisches Ziel auch in Kommunen umsetzen (Gesetz zur Vorberechtigung des Carsharings als Grundlage)</b></li> <li>- <b>Zivilgesellschaftliche und kommunale Angebote unterstützen</b></li> <li>- <b>Fahrgemeinschaften mit Sondernutzungsrechten (z.B. Busspuren)</b></li> <li>- <b>Ausbau der Infra- und Ladestruktur für Micromobilität (E-Bikes, als Sharing)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>(Temporäre) Experimentierräume schaffen</b> (z.B. Reallabore)</li> <li>- <b>Experimentierklauseln ermöglichen</b> – auch um z.B. neue Verkehrsmittel zu erproben (Autonomes Fahren, Seilbahn, etc.)</li> <li>- <b>Schienenpersonennahverkehr und Angebotsqualität ÖPNV erhöhen</b>, z.B. durch Integration innovativer Mobilitätsangebote</li> <li>- <b>Einbindung digitaler Bedarfsverkehre</b></li> <li>- <b>Etablierung von Pooling über (überregionale) Vermittlungsplattformen</b> (z.B. Pendlerportale)</li> </ul>

## 6.4 Szenario 3: Electri.city

*Was wäre, wenn die Energiewende mit Sektorkopplung urbane Infrastrukturen neu definiert?* Electri.city stellt bis 2045 eine konsequente Durchsetzung von Sektorkopplung und umfassender Elektrifizierung des gesamten urbanen Energiesystems in Stadt und Land dar. Zelluläre Micro Grids und dezentrale Energie- und Pufferspeicher sind flächendeckend verfügbar und schaffen neue Geschäfts- und Betreibermodelle. Eine Multi-Energiewende mit kombinierter Kreislaufwirtschaft wird damit zu einem eigenständigen regionalen Wirtschaftsfaktor. Für klimaneutrale Mobilität ergeben sich u. a. folgende Effekte:

- **Deutlich weniger Emissionen** im Verkehr bei ganzheitlicher Betrachtung im Lebenszyklus als Kreislaufsystem und nachhaltigem Rohstoffabbau
- Gesamte Wertschöpfungskette wird **transparent/digitalisiert** (vgl. Catena-X) durch neue Technologien wie Blockchain, hohe Datenverfügbarkeit und -nutzbarkeit
- **Neue Geschäftsmodelle** für Erzeugung, Speicherung und Vermittlung erfordern neue Kooperationen zwischen OEM und Energieerzeugern sowie Infrastrukturbetreibern etc.

Über die Jahre haben Unternehmen gelernt, wie sie Herstellungsprozesse für Teile und Batterien von Mobilitätslösungen in ein Kreislaufsystem integrieren können. Außerdem haben sie Wege gefunden, Rohstoffe nachhaltiger abzubauen und Strom ohne fossile Energie zu erzeugen.

Im Laufe der Zeit wurden selbst schwere Transportmittel, wie z.B. Züge und Bahnen, entweder elektrifiziert oder per Wasserstoff betankt. Nach der erfolgreichen Bewältigung der Herausforderungen durch Sektorkopplung und Netzausgleich gingen E-Mobilität und Energiewende Hand in Hand. Neue Kooperationen zwischen OEMs, Energieerzeugern, Energieversorgern, Ladeinfrastrukturbetreibern, Immobilienbesitzern und Quartiersentwicklern bildeten das Fundament für neue Geschäftsmodelle zur Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie. Mobilitätslösungen wurden zu Energiespeicher mit der Zusatzfunktion »Fahren«. V2G (vehicle-to-grid) und V2H (vehicle-to-home) dienen dem Netz als rollende dynamische Speicher. Zelluläre Micro-Grids und dezentrale Energie- und Pufferspeicher wurden verfügbar und erlauben ein abgesichertes Loadbalancing.

In dem Szenario Electri.city wurde seit Mitte der 30er Jahre des 21. Jahrhunderts diskutiert, wie mit einem verfügbaren Überschuss an Energie umgegangen werden konnte. Mitte der 20er Jahre wurde in der Folge der in den europäischen Staaten umgesetzten Investitionen in die Energiewende eine Infrastruktur geschaffen, die dazu führt, dass Energie zu sehr niedrigen Grenzkosten verfügbar ist, das Angebot die Nachfrage übersteigt. Intelligente Mechanismen garantieren, unterschiedliche Verbräuche an die Verfügbarkeit anzupassen. Als Folge der günstigen Energiepreise und der stetigen Überverfügbarkeit werden hier neue Nachfragequellen erschlossen, z.B. im Zusammenhang mit der Stabilisierung des Klimas, um Desinvestitionen der Energieinfrastruktur zu vermeiden.

Vergleichende Indikatoren und die relevanten Projektionen für das Szenario sind in Tabellen Tabelle 22 und Tabelle 23 zusammengefasst.

Tabelle 22: Vergleichende Indikatoren – Electri.city

Vergleichende Indikatoren – Was das Szenario bedeutet		
<b>I1 – ENERGIEPREIS (EE) PRO KWH</b>  Stromgestehungskosten sinken auf 5 ct/ kWh <sup>7</sup>	<b>I2 – ANTEIL E-FUEL / H2</b>  Der Anteil an E-fuels / H2 ist aufgrund der niedrigen Energiepreise dreimal so hoch wie prognostiziert. (siehe I1)	<b>I3 – SPEICHERKAPAZITÄT</b>  Die installierte Kapazität elektrischer Speicher wird sich verzehnfacht haben.

Tabelle 23: Projektionen im Szenario Electri.city

Schlüsselfaktor	Projektion	Beschreibung der Projektion
<b>Dominierende Projektionen</b>		
MaaS und nahtlose Mobilität:	Freefloating (Individual & Free) und gebunden (öffentlich gebunden).	Die individuelle Mobilität wird vor allem in neuen Angeboten wie Ride-Hailing (Taxi), Freefloating Sharing Diensten oder E-Scooter eine wichtige Rolle zugesprochen. Nutzerinnen und Nutzer haben die Möglichkeit ihre Fortbewegung so persönlich, effizient und unabhängig wie nie zuvor zu gestalten. Ebenso stellt der schienen- und haltestellengebundene ÖPNV weiterhin die gängigste Art und Weise der öffentlichen Fortbewegung dar. Festgelegte Taktfahrzeiten sowie autonome Fahrer-systeme ermöglichen einen effizienten Personentransport.
Entwicklung Lieferverkehre und urbane Warenversorgung	Symbiotische Logistik und Regulatory Intervention	Transport-Symbiose - Güter- und Personenlogistik werden stark verzahnt. Flächen, Fahrzeuge und Infrastrukturen werden gleichermaßen genutzt, um einen hocheffizienten und hoch technologisierten Wirtschafts- und Nahverkehr zu schaffen. Somit lässt sich das gestiegene Gütervolumen und die Zunahme bei den Fahrgastzahlen mit den bestehenden Flächen und Strukturen bewältigen. Zudem bestimmen strenge Umweltgesetze und regulatorische Vorgaben die Stadtlogistik. Lieferungen für Bedarfe über die Daseinsvorsorge und industrielle Produktion hinaus werden hoch besteuert. Eine Citymaut und Konzessionen beschränken den urbanen Lieferverkehr. Dieser Preisdruck hat ein hocheffizientes, emissionsarmes und kollaborierendes Logistiksystem geschaffen.
Handlungs- und Gestaltungsspielräume der kommunalen Ebene in der Transformation	Funktionierende Multi-level-Governance	In der Verwaltung sind neue Formen der Zusammenarbeit entstanden, die auf Prinzipien einer organisationalen und lokalen Demokratisierung mit Ökosystemdenken basieren. Government-Prozesse werden von einem Governance-Denken abgelöst. Dies äußert sich z.B. darin, dass Handlungs- und Gestaltungsräume entstehen, indem Spielregeln in regionalen Chartas der Governance vereinbart

<sup>7</sup> Der Einsatz erneuerbarer Energien senkt die Stromgestehungskosten und damit potenziell die Energiepreise drastisch [20].

		werden, die für einen längeren Zeitraum gelten und an die Bedarfe angepasst werden, weil Lerneffekte aus einer gelebten Governance genutzt werden. Dies versetzt Städte und Kommunen in die Lage, gemeinsam hoheitsgebietsübergreifend zu agieren.
Infrastrukturpolitik (System of Systems, Sektorkopplung & »Verteilkämpfe«)	Zelluläre Infrastrukturpolitik aber auch zentralisierte Infrastrukturpolitik	Die abgeschlossene Energiewende ermöglicht die dezentrale Steuerung von Infrastruktur in »verteilten autonomen Systemen« (DAOs), vor allem im ländlichen Raum (=gleiche Chancen für Stadt und Land). Parallel wurden aus Priorisierungsgründen Infrastrukturausbau und -modernisierung in urbanen Räumen vorangetrieben. Dies erschwert Infrastrukturbedingungen (z.B. bei Verkehr und IoT) in ländlicheren Gebieten.
<b>Ergänzende Projektionen</b>		
Grad der Nachverdichtung und Vertikalisierung von urbanen Räumen	Rückgang der Nachverdichtung	Neuer Zyklus der »Deurbanisierung« und Rückgang nachverdichteter Stadträume (geringer als in 2022) - nur die Millionenstädte als Attraktoren werden »dichter«...? (vgl. Bergdörfer, <i>KoDörfer</i> etc.).
Grad der (klimaverträglichen) Integration autonomer Fahrzeuge	Autonomer Standard	Im Jahr 2045 gibt es in allen Großstädten eine standardisierte Infrastruktur, welche es ermöglicht, dass autonome Fahrzeuge fahren können. Dazu gehört die Kommunikation des Fahrzeugs mit der Infrastruktur (vehicle to infrastructure, V2I) mittels Ausbaus relevanter Sensorik.
Kooperation & Governance	Plattform Urbanism	Wenige private Anbieter bestimmen die urbane Mobilität. Sie verbinden unterschiedliche Mobilitätsformen und integrieren auch den öffentlichen ÖPNV, bilden aber für Bürgerinnen und Bürger eine zentrale Schnittstelle zur Mobilität.
Hochlauf der E-Mobilität	Wirtschaftssektor Elektromobilität	Quartiersentwickler, OEMs, Energieversorger verstehen Elektromobile als Energiespeicher mit der Zusatzfunktion »Fahren«. V2G und V2H dienen dem Netz als rollende dynamische Speicher. Zelluläre Micro Grids und dezentrale Energie- und Pufferspeicher sind verfügbar und erlauben ein abgesichertes Loadbalancing sowie neue Geschäfts- und Betreibermodelle. E-Mobilität wird damit zu einem eigenständigen regionalen Wirtschaftsfaktor.
Rolle und Relevanz von »Erprobungs- und Erlebnisräumen« für Innovation	Top-Down	Die in den 2020er und 2030er noch vorherrschenden, kleinteiligen und zeitlich limitierten Leuchtturmprojekten ermöglichten die Skalierung von Erprobungsräumen in 2045. Viele Kommunen und Regionen haben die Vorteile davon erkannt und setzen nun flächendeckend »Erprobungs- und Erlebnisräume« ein, um Innovationen im realen Raum zu erforschen.
Alternative Fahrzeugkonzepte (für die Stadt)	Neue Vielfalt	Innovative und ressourcenschonende Fahrzeugkonzepte werden verstärkt nachgefragt. Eine hohe Vielfalt an verschiedenen Fahrzeugkonzepten (Cargo, Roller, E-Bikes) ermöglicht die individuelle Ausgestaltung der Mobilität und somit eine echte Alternative gegenüber großen, schweren und hoch motorisierten Fahrzeugen. Wichtig dabei ist auch die intelligente Verknüpfung der neuen Angebote.



Stadt-Land-Gefälle	Hoheitsgebietübergreifende Auskömmlichkeit	Das Stadt-Land-Gefälle ist nicht mehr gestaltungsleitend bzw. -hemmend. Mobilität als Allmende-Gut im Rahmen der Daseinsvorsorge hat sich durchgesetzt. Hoheitsgebietsübergreifende Geschäftsmodelle werden so gedacht, dass sie Auskömmlichkeit für alle garantieren und nicht nur den Shareholder-Profit in den Vordergrund stellen.
Nutzen statt Kaufen	Mix aus kommerziellen und P2P-Angeboten	Das eigene Auto hat in weiten Teilen der Bevölkerung als Statussymbol ausgedient. Sharing-Angebote jeglicher Art stehen in ausreichend in zeitlicher und räumlicher Verfügbarkeit zur Nutzung bereit. Digitale Plattformen, die auch kleinere Anbieter einbinden, ermöglichen den Angebotsüberblick, eine einfache Buchung und Abrechnung.

-----  
 Explorative Szenario-Entwicklung  
 für 2045  
 -----

Für das Szenario Electri.city können die in Tabelle 24 skizzierten Maßnahmen und Instrumente eine unterstützende Wirkung entfalten:

Tabelle 24: Maßnahmen und Instrumente im Szenario Electri.city

Rechtlicher Rahmen:	Umgestaltung der Verkehrs-/ Ladeinfrastruktur
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>StVO und StVG novellieren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Kommunale Gestaltungsmöglichkeiten</b></li> <li>o <b>Erweiterte Erprobungsklausel</b></li> <li>o <b>Leichtigkeit und Sicherheit Fußverkehr (z.B. Überwege, Vorrang)</b></li> <li>o <b>Effektive (digitalisierte) Parkraumbewirtschaftung</b></li> <li>o <b>Sondernutzererlaubnis Sharing-Fahrzeuge</b></li> <li>o <b>Ladezonen für gewerblichen Lieferverkehr / Bußgelder für widerrechtliche Nutzung</b></li> </ul> </li> <li>- <b>Vereinfachte Integration elektrischer Fahrzeuge in das Stromnetz (als Maßnahme)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Umsetzung §14a Energiewirtschaftsgesetz</b></li> <li>o <b>Veränderung der Qualifikationsbedingung für Regelleistungsmärkte</b></li> <li>o <b>Anerkennung elektrischer Fahrzeuge als Energiespeicher</b></li> <li>o <b>Förderung von Bidirektionalem Laden durch Befreiung von Steuern, Abgaben, Umlagen und Netzentgelten bei zwischengespeichertem Strom</b></li> <li>o <b>Marktliche Beschaffung von netzdienlichen Leistungen (z.B. auf Grundlage von §14c Energiewirtschaftsgesetz, hybrider Redispatch)</b></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>»Booster«-Programm</b> für Personal in Kommunen (u.a. Erteilung von Genehmigungen) / Digitalisierung und Vereinheitlichung der Antragstellung (»One-stop-shop«)</li> <li>- <b>Ausschreibung der Kommunen für öffentliche Ladeinfrastruktur</b></li> <li>- <b>Nationale Förderung</b> Ladeinfrastruktur (Förderung von Härtefällen bei privater Infrastruktur)</li> </ul>
Nachfrage-Instrumente	Angebots-Instrumente
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Umweltbonus (Kaufprämie) &amp; Klimaabgabe beim Fahrzeugkauf (Kfz-Steuer-Anpassung)</b></li> <li>- <b>Dienstwagenbesteuerung anpassen (Erhöhung der pauschalen Berechnung des geldwerten Vorteils; Abschaffung für Plug-In-Hybride)</b></li> <li>- <b>City-Maut (ggf. mit Verbot verbrennungsmotorischer Fahrzeuge)</b></li> <li>- <b>CO<sub>2</sub>-Preis und Energiesteuer (Bepreisung von Energie)</b></li> <li>- <b>Einführung eines CO<sub>2</sub>-Schattenpreises auf Basis der externen Kosten</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Schnellere Umsetzung der clean vehicle directive</b> (100% zero emission Neuzulassungen bei Neufahrzeugen; bei öffentlichen Fahrzeugen bis 2030)</li> <li>- <b>CO<sub>2</sub>-Flottenzielwerte &amp; Ausgestaltung der Schadstoffemissionsregulierung</b> (auf EU-Ebene)</li> </ul>

Die vertiefte Auseinandersetzung mit den in Kapitel 6 vorgestellten Szenarien ermöglicht die Identifikation und Ableitung von klima- und innovationspolitischen Instrumenten. Politische Instrumente dienen der Erreichung von Zielen und unterstützen getroffene Entscheidungen in ihrer Verwirklichung. Sie variieren dabei in ihrer Intention und in ihrem Wirkungsbereich. Maßnahmen und Instrumente, die die klima- und innovationspolitische Entwicklung urbaner Systeme unterstützen sollen, können regulierend Einfluss nehmen, wirtschaftliche oder finanzielle Anreize bieten oder kommunikativ auf eine freiwillige Verhaltensanpassung abzielen.

Diese politischen Werkzeuge werden in unterschiedlicher Ausgestaltung und in unterschiedlicher Kombination auf kommunaler, landes-, bundes-, aber auch auf europäischer Ebene eingesetzt, um verkehrliche und infrastrukturelle Zielvorstellungen erreichen zu können.

Im Rahmen der Studiererstellung wurden zwei Herangehensweisen gewählt, um einen geeigneten Instrumenten- und Maßnahmenmix für die Transformationspfade zur klimaneutralen Stadt zu identifizieren. In den Kapiteln 7.1 bis 7.3 erfolgt eine klimapolitische Szenariobewertung und Maßnahmenableitung. In Kapitel 7.4 erfolgt übergeordnet eine innovationspolitische Analyse geeigneter Instrumente, aus der in der Folge weitere Implikationen für klimaneutrale Städte und Regionen identifiziert wurden.

### 7.1 Klimapolitische Strategieentwicklung und Maßnahmenableitung

In einem ersten Schritt in Richtung der Strategiebewertung von Klimaeffekten galt es, die Systemgrenzen und externe Rahmenbedingungen zu systematisieren und zu priorisieren. Hierfür wurden in einem Fachworkshop mit dem am Projekt beteiligten FAT-Kreis geklärt, welche Maßnahmen es in den verschiedenen Sektoren für die Umsetzung der Szenarien bedarf. Im Rahmen einer STEEP-Analyse<sup>8</sup> wurden dafür anhand der drei gewählten Szenarien sozio-kulturelle, technologische, ökonomische, ökologische wie auch politische Einflussfaktoren und Maßnahmen abgeleitet und hinsichtlich ihrer momentanen und zukünftigen Ausgestaltung diskutiert. Als rahmengebend wurden dabei neben der Festlegung der Räume auf urbane und suburbane Gebiete, die politische und rechtliche Rahmensetzung, wie auch die im Prozess der Transformation eingesetzten Technologien und die zu beteiligenden Akteurs- und Stakeholdergruppen identifiziert und konkretisiert. Als relevante Stakeholdergruppen wurden hierbei nicht nur Auswirkungen und Chancen für die Mobilitätswirtschaft, Anbieter von Mobilitätsangeboten und lokale Wirtschaft erörtert, sondern auch für die Gesellschaft und Stadtverwaltung.

In einem nächsten Schritt wurden für die drei ausgewählten Szenarien Maßnahmen und Politikinstrumente identifiziert, die für eine Umsetzung der Szenarien benötigt werden bzw. die die Transformation in Richtung Zielbild beschleunigen können. (Politik-)Instrumente umfassen konkrete Umsetzungen. Abhängig vom jeweiligen Inhalt und Adressatenkreis lassen sich (Politik-)Instrumente wie folgt unterscheiden: ökonomische Instrumente umfassen Umsetzungen, die eine Anpassung von Abgaben und Steuern nach sich

---

<sup>8</sup> Bewertungsmethode entlang der Kategorien Society, Technology, Economy, Ecology und Politics (STEPP)

ziehen bzw. Investitionsmittel erfordern (z.B. City-Maut). Daneben können Instrumente auch ordnungsrechtlicher Natur sein, wie etwa Vorgaben zu Flottengrenzwerten. Begleitend werden diese Instrumenten-Typen von flankierenden Maßnahmen, die sich etwa auf die Weiterentwicklung und Transformation von Infrastrukturen beziehen. Maßnahmen werden dagegen – auf einer übergeordneten Ebene – als strategische Zielvorgaben verstanden, die den Effekt eines oder mehrerer Instrumente in den Mittelpunkt stellen. Ein Beispiel hierfür ist das Bemühen dem Fachkräftemangel in der kommunalen Verkehrsplanung entgegenzuwirken.

Im Rahmen der FOMOS-Studie werden die drei Szenarien sowohl anhand umsetzungsnaher Instrumente wie auch strategisch ausgerichteter Maßnahmen konkretisiert und in die Nachhaltigkeitsbewertung einbezogen. Die Maßnahmen und Instrumente lassen sich in den Szenarien **Dezentralisation** und **Electri.city** in die folgenden thematischen Bereiche untergliedern<sup>9</sup>:

- **Umgestaltung des rechtlichen Rahmens** (z.B. StVO-/StVG-Reform, Schaffung von Experimentierräumen)
- **Umgestaltung der Verkehrsinfrastruktur** (z.B. Förderung öffentlicher Ladeinfrastruktur, Ausbau Rad- und Fußinfrastruktur)
- **Nachfrage-Instrumente** (z.B. City-Maut / Fahrverbote, Dieselsteuerprivileg)
- **Angebots-Instrumente** (z.B. ÖPNV-Ausbau, CO<sub>2</sub>-Flottenzielwerte)

Im Szenario **Retrofit.city** ist die Untergliederung vorgeschlagener Maßnahmen stärker an inhaltlichen Aspekten ausgewählt. Sie werden wie folgt gegliedert:

- **Umgestaltung des rechtlichen Rahmens** (z.B. StVO-/StVG-Reform, Experimentierklauseln)
- **Stadtentwicklung nachhaltiger denken** (z.B. Verkehrsplanung als Planungsinstrument, Transformationsfonds)
- **Sharing aus der Nische bringen** (z.B. Sondernutzungsrechte, Sharing als politisches Ziel in Kommunen)
- **Automatisierung und Vernetzung** (z.B. Einbindung digitaler Bedarfsverkehre, Automatisierte Planungs- und Genehmigungsprozesse)

Eine qualitativ wie quantitativ umfangreiche Auswahl an Maßnahmen und Politikinstrumenten wurde seitens des Forschungsteams in den drei Szenarien ausgewählt (vgl. Tabelle 18, Tabelle 21, Tabelle 24), um in einem transdisziplinären Prozess mit Vertreterinnen und Vertretern des FAT-Kreises validiert und priorisiert zu werden. Die Priorisierung erfolgte auf Basis eines Bewertungssystems nach individuell eingeschätzter Relevanz der einzelnen Maßnahmen und Instrumente.

Die ausgewählten Maßnahmen und Politikinstrumente bewegen sich dabei auf teils recht unterschiedlicher Flugebene. So unterscheiden sich die Maßnahmen etwa hinsichtlich verschiedener Adressaten – von kommunaler Verwaltung über Immobilien- und Mobilitätswirtschaft bis hin zu gesellschaftlichen Akteuren. Auch lassen die Maßnahmen bezogen auf die räumliche Ebene unterschiedliche Wirksamkeiten vermuten: einige der gewählten Maßnahmen nehmen einen räumlich begrenzten Fokus ein, wie etwa die City-Maut auf einen stark verdichteten, innenstädtischen Raum oder wie im Gegensatz dazu die Einbindung digitaler Bedarfsverkehre die Mobilität in Stadtrandlagen begünstigt. Ein

<sup>9</sup> Für einen besseren Lesefluss wird im Nachfolgenden »Maßnahmen« als Synonym für »Maßnahmen und Politikinstrumente« verwendet. Die ausgewählten Umsetzungsvorgaben lassen erkennen, dass es sich hierbei per Definition um Instrumente handelt.

Entgegenwirken des Fachkräftemangels in der kommunalen Verkehrsplanung wirkt dagegen räumlich unbegrenzt im gesamtstädtischen Umfeld. Neben sehr konkreten Umsetzungsinstrumenten werden demnach auch strategische Maßnahmen in der Nachhaltigkeitsbewertung aufgegriffen.

Die weitere Bewertung der sozialen, ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit der drei Szenarien orientiert sich maßgeblich an den folgenden, im Fachaustausch als besonders relevant eingestuften Szenario-spezifischen Maßnahmen und Instrumenten:



**Dezentralisation**

**Retrofit.city**

**Electri.city**

Abbildung 5: Szenario-spezifischen Maßnahmen und Instrumente

Für ein strukturiertes Vorgehen in der Nachhaltigkeitsbewertung wurden daneben zentrale Indikatoren abgeleitet, anhand derer die nachfolgende Strategiebewertung von Nachhaltigkeitseffekten durchgeführt wurde. Die Bewertungsindikatoren umfassen dabei sowohl die ökologische wie auch die soziale und ökonomische Nachhaltigkeitsdimension.



Abbildung 6: Indikatoren zur Nachhaltigkeitsbewertung.

Im Rahmen der ökologischen Bewertungskategorie wird die Nachhaltigkeit der gewählten Szenarien hinsichtlich der zum Zielzeitpunkt zu erwartenden *lokalen CO<sub>2</sub>-Emissionen, Luftqualität und Lärmbelastung* beurteilt, aber auch bezüglich des/der *Flächenverbrauchs und -versiegelung*. Zuletzt wird auch die *Verkehrsvermeidung und -verlagerung* unter

den Aspekt der ökologischen Nachhaltigkeitswirkung aufgegriffen, wenngleich diesbezüglich auch starke Bezüge zur sozialen Nachhaltigkeitsdimension bestehen.

Die soziale Nachhaltigkeitsdimension greift Indikatoren auf, die die Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger abbilden. Darunter werden neben der *Daseinsvorsorge* auch ein sicherer Verkehr und *lebenswerte Städte* gefasst. Auch die zu erwartenden *Akzeptanz* der umzusetzenden Maßnahmen und Politikinstrumente wird hierunter subsummiert.

Die Bewertung der ökonomischen Dimension richtet sich zuletzt an den Indikatoren eines bezahlbaren Verkehrs sowie des Potenzials der Verstetigung und des langfristigen Verstetigungsbedarfs aus. Der Indikator des *bezahlbaren Verkehrs* wird aus Sicht der nutzenden Bürgerinnen und Bürger beleuchtet und weist somit auch Schnittstellen mit der sozialen Dimension von Mobilität auf. Der Indikator Verstetigung und Finanzierungsbedarf wird aus Perspektive der Anbieter von Mobilitätsangeboten betrachtet und bewertet, inwiefern die betrachteten Konzepte und Angebote das Potenzial für eine Verstetigung haben und ohne finanzielle Förderung perspektivisch tragfähig sind.

## 7.2 Strategiebewertung von Klimaeffekten

Für die Strategiebewertung von Nachhaltigkeitswirkungen wurden die zuvor erarbeiteten Einzelschritte zusammengeführt: In einem internen Workshop des erweiterten, interdisziplinäre zusammengesetzten Forschungsteams wurden die Maßnahmen in den drei gewählten Szenarien anhand der oben diskutierten Bewertungsindikatoren hinsichtlich ihrer zum Zielzeitpunkt erwarteten Wirksamkeit eingestuft. Die Skala der Nachhaltigkeitswirkungen reicht dabei von -2 bis +2, wobei -2 stark negative Wirkungen bedeuten und +2 auf eine stark positive Wirkung schließen lässt. Die Bewertung erfolgte diskursiv. Die Einzeleffekte wurden dabei bezüglich ihrer Wirkungsintensität ins Verhältnis zu den weiteren Maßnahmen gesetzt. Dadurch soll die Verhältnismäßigkeit sichergestellt werden, zumal im Rahmen der Studie nur eine geringe Auswahl an Maßnahmen in die Strategiebewertung von Nachhaltigkeitswirkungen einfließen konnte. Die Ergebnisse der internen Bewertung wurde mit der Praxis im Rahmen eines weiteren Fachaustauschs mit dem FAT-Kreis diskutiert. Darauf aufbauend wurden Impulse aus der Praxis aufgenommen und in Teilen auch Anpassungen, beispielsweise bezüglich der Wirkungsstärke der Maßnahmen, vorgenommen. Ziel ist es, die Effekte der einzelnen Maßnahmen innerhalb der jeweiligen Szenarien vergleichen zu können und deren Stärken und Schwächen in den drei Nachhaltigkeitsdimensionen nachvollziehen zu können. Daneben wurden aus den Effekten der Einzelmaßnahmen auch Mittelwerte je Szenario gebildet. Diese ermöglichen – im Rahmen der ausgewählten Maßnahmen – einen Vergleich der Wirksamkeit der drei Szenarien der Dezentralisation, der Retrofit.city sowie der Electric.city mit Blick auf die drei Nachhaltigkeitsdimensionen.

Im Nachfolgenden werden sowohl auf Ebene der Einzelszenarien wie auch im Vergleich der drei Szenarien miteinander die Ergebnisse der Strategiebewertung dargestellt.

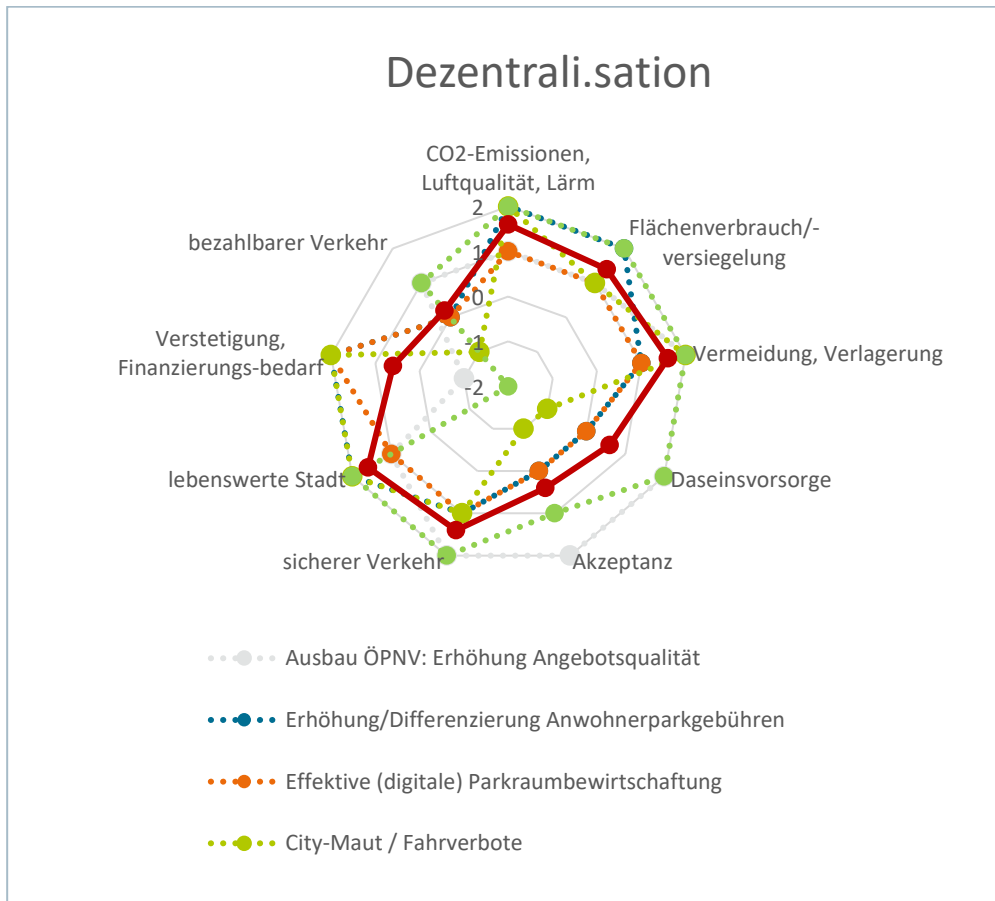


Abbildung 7: Szenario Dezentrali.sation

Die Bewertung des Dezentrali.sation-Szenarios zeigt ein überwiegend positives Bild hinsichtlich der in dem Szenario zu erwartenden Nachhaltigkeitswirkungen. Die klimaneutrale Stadt 2045 könnte in diesem Szenario gleichermaßen von einer hohen ökologischen wie auch sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeit profitieren. Alle Maßnahmen, die in die Szenarienbewertung eingeflossen sind, weisen dabei stark positive ökologische Wirkungen auf. So kann durch den mit einer dezentralisierten Stadt einhergehenden Stadt- und Verkehrsinfrastrukturumbau nicht nur Verkehr vermieden und verlagert werden, sondern auch der Flächenverbrauch und die Versiegelung von Flächen – insbesondere durch die Umwidmung von Verkehrsflächen – reduziert werden. Dies führt durch verkürzte Wege und die induzierten Verlagerungseffekten vom MIV hin zum nichtmotorisierten und öffentlichen Verkehr zu weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen, weniger Lärmbelastung und einer besseren Luftqualität.

Auch hinsichtlich sozialer Aspekte könnte eine klimaneutrale Stadt 2045 von einer dezentralisierten Ausgestaltung profitieren. Pull- und Push-Maßnahmen wirken hier zusammen: Durch mehr Fachkräfte in der kommunalen Verkehrsplanung gelingt es nicht nur eine (digital unterstützte) Transformation in der Parkraumbewirtschaftung und Verkehrssteuerung, sondern auch die Angebotsqualität im ÖPNV zu erhöhen. Die Bewertung zeigt, dass für ein Gelingen der Transformation, die Verfügbarkeit kommunaler Fachkräfte eine zentrale Voraussetzung darstellt, um soziale Nachhaltigkeit zu fördern und Städte zukünftig noch sicherer und lebenswerter zu machen. Erwartungsgemäß unterscheiden sich die gewählten Push- und Pull-Maßnahmen hinsichtlich der Wirkungsrichtung bei den Indikatoren Daseinsvorsorge und Akzeptanz stark. Dem Dezentrali.sation-Szenario ist der Grundgedanke zugrunde gelegt, dass im Jahr 2045 von einem sich gewandelten Mobilitätsverhalten auszugehen ist. Die Nutzung des Umweltverbunds und

Angeboten der Mikromobilität wird vor allem in Städten Teil der alltäglichen Mobilität. Einstellungen und Mobilitätsmuster haben sich dahingehend in großen Teilen der Bevölkerung verändert. Dennoch wird auch in Zukunft der private PKW-Besitz – auch in Städten – eine Rolle spielen. Die stark negative Wirkung der Maßnahme City-Maut/ Fahrverbot verdeutlicht beispielhaft am Indikator Akzeptanz, dass auch zukünftig Push-Maßnahmen mit geringerer Zustimmung zu kämpfen haben werden. Zudem gilt es hinsichtlich der Akzeptanz den Zeitverzug bei den Angebotsalternativen zu beachten. Auf dem Weg zu einer klimaneutralen Stadt 2045 werden nicht alle dargestellten Maßnahmen gleichermaßen zeitnah umgesetzt werden können. So benötigt gerade der Aufbau eines qualitativ (noch) besseren ÖPNVs angesichts der erforderlichen Infrastrukturmaßnahmen Vorlauf. Restriktive Maßnahmen gegenüber dem PKW können in dieser Übergangsphase mangels qualitativ gleichwertiger Alternativangebote geringere Akzeptanz mit sich bringen.

Die Bewertung ökonomischer Effekte gestaltet sich im Szenario Dezentralisation zuletzt divers. Ausgehend von der Annahme, dass viele Bewohnerinnen und Bewohner von Städten in der Zukunft weniger stark auf das eigene Auto angewiesen sind beziehungsweise eines besitzen, können alle gewählten Maßnahmen einen positiven Beitrag zu einem bezahlbaren Verkehr leisten. Hinsichtlich des Indikators »Bezahlbarer Verkehr« gilt es zudem zu berücksichtigen, dass – auch und gerade auf dem Weg zur klimaneutralen Stadt 2045 – sozial schwächer Gestellte nicht abgehängt werden dürfen. Es braucht demnach nicht nur einen für alle bezahlbaren öffentlichen Verkehr, sondern vor allem auch handhabbare Lösungen für Härtefälle im MIV. Es erklärt sich von selbst, dass das Entgegenwirken des Fachkräftemangels in der kommunalen Verkehrsplanung mit steigenden Kosten einhergeht. Gleichzeitig ist dies ein zentrales Instrument, um die weiteren fokussierten Maßnahmen überhaupt umsetzen zu können und somit nur schwer zu umgehen. Kostenintensive Maßnahmen wie der ÖPNV-Ausbau und der Aufbau kommunaler Verwaltungsstrukturen können in diesem Szenario hinsichtlich des Finanzierungsbedarfs und einer finanziellen Verstetigung durch zusätzliche Einnahmen aus Parkgebühren in öffentlichen Räumen und City-Maut-Gebühren innerhalb des Verkehrssektors gegenfinanziert werden.



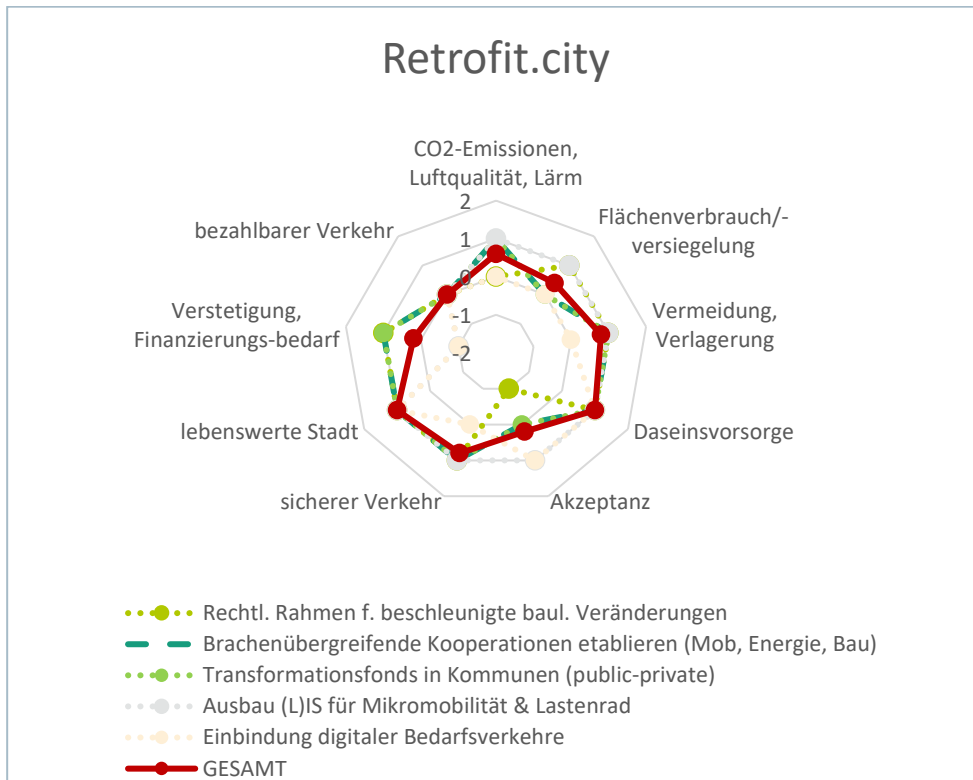


Abbildung 8: Szenario Retrofit.city

Die Nachhaltigkeitswirkungen im Retrofit.city-Szenario zeigen sich im Vergleich zum Dezentralisation-Szenario in allen drei Dimensionen gemäßigter und bewegen sich auf einem neutralem bis leicht positivem Niveau. Es lassen sich folglich positive Nachhaltigkeitswirkungen bei der Umsetzung der im Szenario Retrofit.city gewählten Maßnahmen erwarten, die jedoch schwächer ausfallen als jene im Dezentralisation-Szenario. Neben umfangreichen städtebaulichen Veränderungen wie innovative Nachverdichtung durch Earthscrapers setzt das Retrofit.city-Szenario zudem auch auf umfassende infrastrukturelle Innovationen, wie Mobility Highways und Logistik Tubes, sowie den Einsatz technologischer Neuheiten, wie urbanen Seilbahnen und auch Lufttaxis.

Die ökologischen Effekte, die im Zielzustand in diesem Szenario erreicht werden, hängen demnach maßgeblich von der Ausgestaltung, etwa von Mobilitätsangeboten aber auch den baulichen Veränderungen ab. Durch eine angenommene Nachverdichtung der urban geprägten Gebiete können Flächenverbrauch und -versiegelung idealerweise minimiert werden und durch damit einhergehende kürzere Wege auch Verkehr vermieden beziehungsweise verlagert werden. Dazu tragen die dargestellten Maßnahmen einer beschleunigten rechtlichen Rahmensetzung für bauliche Veränderungen, branchenübergreifende Kooperationen und Transformationsfonds ebenso bei, wie vor allem auch eine verbesserte Angebotsstruktur durch den Ausbau von (Lade)Infrastruktur für Mikromobilität und Lastenrädern sowie die Einbindung digitaler Bedarfsverkehre.

Wenngleich zusätzliche, flexiblere Mobilitätsangebote gleichermaßen in stark verdichteten, urbanen Gebieten hohe Akzeptanz erfahren dürften, so sind es vor allem die Stadtrandlagen, die im Sinne einer erhöhten Daseinsvorsorge von Angeboten wie diesen profitieren würden. Diese Alternativen zum privaten PKW bringen dann nicht nur ökologische Effekte durch (bestenfalls) eingesparte CO<sub>2</sub>-Emissionen, bessere Luft und weniger Lärmbelastung mit sich, sondern ermöglichen zudem eine Teilhabe breiter Bevölkerungsgruppe, indem eine neue Unabhängigkeit vom PKW geschaffen wird. So können die

Maßnahmen insgesamt einen Beitrag zu einer sicheren und lebenswerten Wohnumgebung leisten.

Der Finanzierungsbedarf im Retrofit.city-Szenario gestaltet sich in zweierlei Hinsicht jedoch herausfordernd, denn dieser ist gleichermaßen sowohl durch einen ambitionierten Bau von Gebäuden und Infrastrukturen, als auch durch das Schaffen und Betreiben bedarfsgerechter Mobilitätsangebote als vergleichsweise umfangreich einzustufen. Die Nachverdichtung und eine gegebenenfalls stärkere Vertikalität von Nutzungen durch Tiefgaragen und Earthscrapers bringt hohe Umsetzungskosten mit. In Abhängigkeit des bis zum Zielzeitpunkt vorgefundenen privaten PKW-Bestands muss bei einer geringen Dynamik bzw. Reduktion gegenüber heute von einem erhöhten Aufwand und damit erhöhten Kosten ausgegangen werden. Die zusätzlich im Szenario anvisierten bedarfsorientierten Mobilitätsangebote erhöhen zudem den Finanzierungsbedarf durch eine häufig gegebene hohe Planungsintensivität und eine damit langwierige Umsetzung. Public-private-Fonds können möglicherweise dabei unterstützen, diese negativen Wirkungen hinsichtlich der ökonomischen Tragfähigkeit und Nachhaltigkeit auszugleichen bzw. zu überbrücken.

Auch aus Nutzerperspektive zeigt sich die Bezahlbarkeit des Verkehrs als herausfordernd, was vor allem in dem Einsatz neuer Technologien und individueller und bedarfsgerechter Nutzbarkeit begründet ist. Dies kann – und sollte im Sinne einer nachhaltigen Verkehrssteuerung – gegenüber der aktiven Mobilität wie auch der Nutzung des öffentlichen Verkehrs in einem höheren Nutzungsentgelt münden.

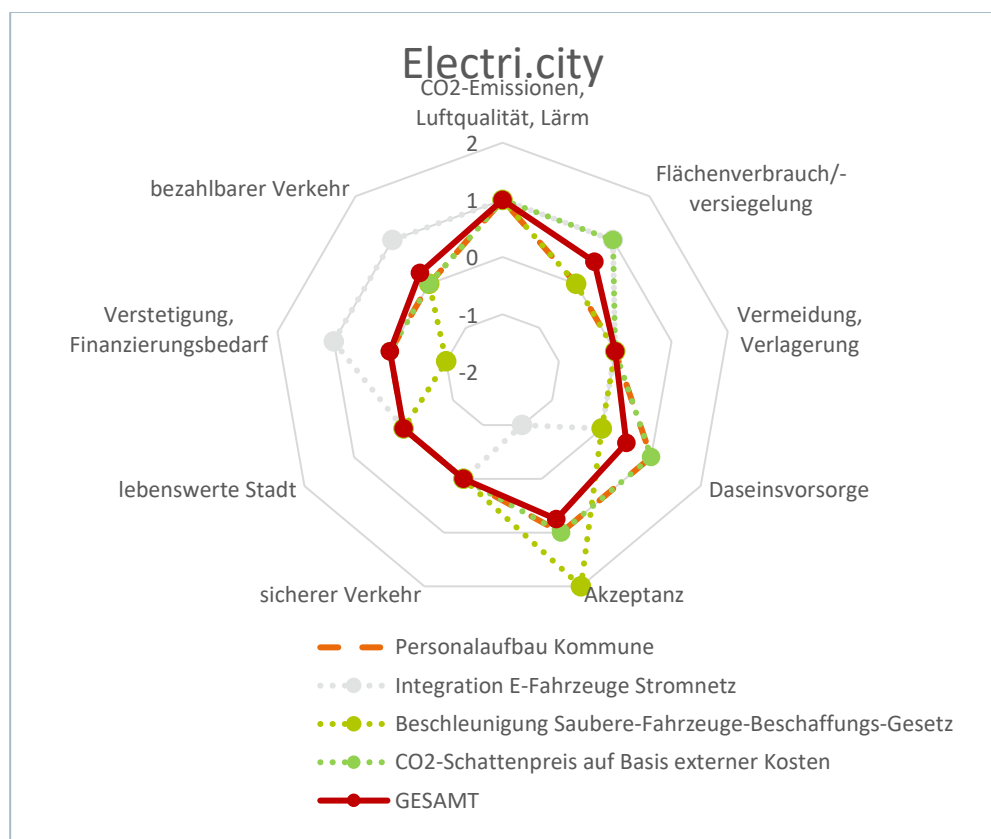


Abbildung 9: Szenario Electri.city

Die Bewertung des Szenarios Electri.city weist auf besondere Stärken bei der Minderung der verkehrsbedingten Umweltwirkungen (CO<sub>2</sub>, Luft, Lärm) jenseits des Flächenverbrauchs sowie teilweise leicht positive Effekte mit Blick auf die soziale Dimension von

Mobilität hin. Das Szenario bleibt für sich alleinstehend, aber deutlich hinter der umfassenden ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit des Dezentralisation-Szenarios zurück. Hinsichtlich der ökonomischen Dimension ist das Szenario im Vergleich als neutral einzuordnen.

Das Szenario zeichnet sich durch eine schnelle Elektrifizierung des heutigen Fahrzeugbestands – vorwiegend PKW – und eine zunehmend intelligente Verknüpfung mit dem Stromsystem aus, welches einen kontinuierlich ansteigenden Anteil von Erneuerbaren Energien aufweist. Angesichts der hohen Motorisierungsrate und des hohen Anteils des MIVs an den verkehrsbedingten Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen bietet die schnelle Elektrifizierung des Fahrzeugbestands eine hohe ökologische Entlastungsmöglichkeit. Die betrachteten Maßnahmen sind diesem Ziel auf unterschiedliche Weise förderlich – sei es durch die beschleunigte Fahrzeugnachfrage durch finanzielle und regulatorische Anreize, sei es durch die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur oder durch die verbesserte Integration in das Stromnetz und beschleunigte Nutzung von Erneuerbaren Energien. Da jedoch Anreize für eine weniger PKW-zentrierte Mobilität fehlen, findet hinsichtlich der Flächeninanspruchnahme keine signifikante ökologische Entlastung statt.

Die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur ist die zentrale Voraussetzung für einen schnellen Markthochlauf von Elektrofahrzeugen. In Städten mit einem hohen Anteil an Fahrzeughaltern ohne eigenen Stellplatz kommt der Bereitstellung von öffentlicher Ladeinfrastruktur eine zentrale Bedeutung vor. In diesem Zusammenhang wird der Aufbau von personellen Planungskapazitäten als wichtige Maßnahme identifiziert. Die Elektrifizierung des Fahrzeugbestands und die Schaffung der dafür erforderlichen Voraussetzungen (v.a. Netzanbindung und Ladeinfrastruktur) ist zwar kurzfristig mit Zusatzkosten verbunden (siehe u.a. Personalaufbau), perspektivisch kann aber, angesichts von sinkenden Fahrzeugpreisen und geringeren Betriebskosten, ein kostenneutraler Zustand erreicht werden. Besitzer von PKW profitieren dabei überproportional von der Elektrifizierung des Fahrzeugbestands. Die frühzeitige intelligente Einbindung von E-Fahrzeugen in das Energiesystem kann auf Netzebene die Kosten verringern und die Integration von Erneuerbaren Energien-Kapazitäten erhöhen. Der Strompreis für E-PKW-Besitzerinnen und -Besitzer kann dadurch verringert und, wenn die Steuerung der Batterieladung nutzerfreundlich realisiert wird, die Akzeptanz erhöht werden. Durch die beschleunigte öffentliche Beschaffung von E-Fahrzeugen, vor allem im Bereich der Busse, entsteht kurzfristig ein erhöhter Investitionsbedarf, die Akzeptanz in der Bevölkerung wird angesichts der positiven ökologischen Wirkung und hohen Sichtbarkeit als hoch eingeschätzt. Der Bewertung des CO<sub>2</sub>-Schattenpreises auf Basis externer Kosten liegt die Annahme zu Grunde, dass die Kommune unter diesen Rahmenbedingungen verstärkt in kommunale verkehrliche Maßnahmen mit hoher CO<sub>2</sub>-Minderungswirkung investiert. Dieses Instrument wird als flankierend angenommen.

Die positive Wirkung der Maßnahmen auf die soziale Nachhaltigkeit ist insgesamt weniger stark ausgeprägt. Hauptgründe hierfür sind, dass sich ohne signifikante Änderungen im PKW-zentrierten Verkehrssystem auch bei einer Elektrifizierung die Aufenthaltsqualität und Sicherheit nur eingeschränkt verbessert und sich die Mobilität für Personen ohne PKW hinsichtlich Angebotsqualität und Kosten nicht oder nur sehr eingeschränkt verbessert.

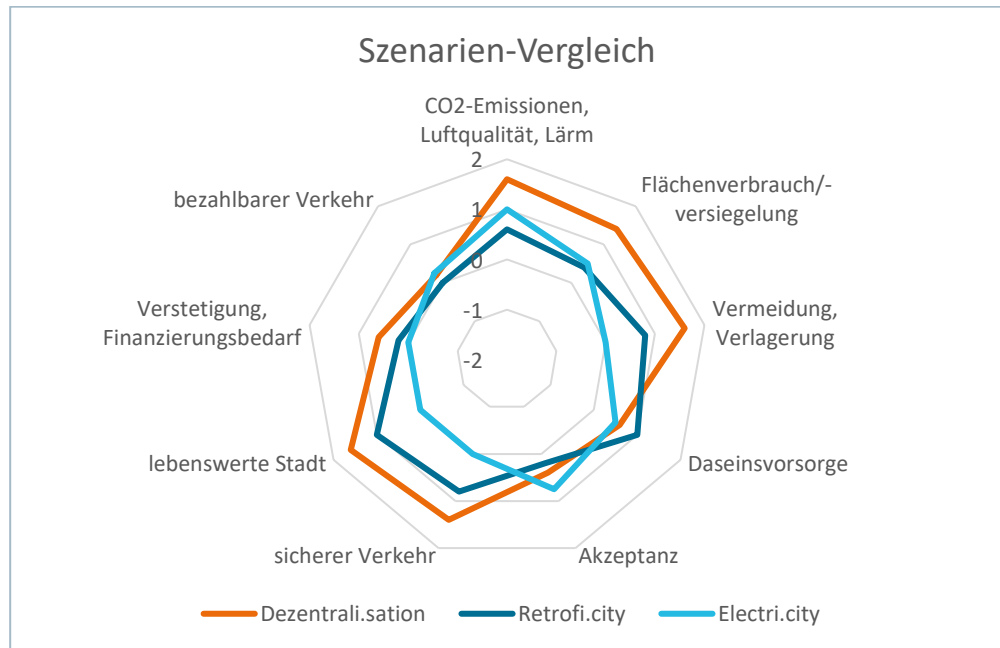


Abbildung 10: Szenarien im Vergleich.

Im Nachfolgenden sollen die Kernergebnisse der Szenarien im Vergleich abschließend diskutiert werden. Hierfür wurde aus den Einzelmaßnahmen in den jeweiligen Szenarien Mittelwerte gebildet, um die durchschnittliche Wirkung der Einzelmaßnahmen bezüglich der jeweiligen Indikatoren je Szenario darzustellen. Auf eine Gewichtung der Maßnahmen innerhalb der Szenarien wurde verzichtet.

Auch im direkten Vergleich der Szenarien zeigt sich das Dezentralisation-Szenario hinsichtlich ökologischer und sozialer Effekte als besonders wirksam. In etwas gemäßigter Form trifft dies auch auf das Retrofit.city-Szenario zu. Das Electri.city-Szenario zeigt seine Stärken vor allem im technologischen Fortschritt, der den motorisierten Verkehr als Hauptverursacher von negativen Umweltwirkungen adressiert und sich in einer positiven ökologischen Nachhaltigkeitswirkung ausdrückt.

Alle drei Szenarien können einen Beitrag zur ökologischen Nachhaltigkeit leisten. Ökologische Nachhaltigkeit sollte dabei jedoch umfassend gedacht werden und mehr als einen Antriebswechsel beinhalten. So überrascht es nicht, dass hinsichtlich ökologischer Nachhaltigkeitswirkungen vor allem das Dezentralisation-Szenario überzeugen kann, das verstärkt auf Vermeidung und Verlagerung setzt. Das Retrofit.City-Szenario bedarf einer ressourcenintensiven und komplexen Transformation und schneidet dahingehend etwas schwächer ab. Das Electri.city-Szenario fokussiert zuletzt zu sehr auf eine reine Verringerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und kann nur bedingt die Erwartungen an eine ökologisch nachhaltige Stadt der Zukunft erfüllen.

Die Ziele lebenswerter Städte und eines sicheren Verkehrs erfordern einen ambitionierten Umbau des Verkehrssystems. Auch hier nimmt das Dezentralisation-Szenario soziale Zielsetzungen am umfassendsten in den Fokus. Ein verändertes Fahrverhalten wie auch eine an neue Bedürfnisse angepasste Stadtgestaltung zeigen sich nicht nur im Dezentralisation-Szenario, sondern ebenfalls im Retrofit.city-Szenario. Durch die starke Fokussierung auf Elektromobilität bleibt das Electri.city-Szenario vor allem hinsichtlich der sozialen Nachhaltigkeitsaspekte der Daseinsvorsorge, lebenswerter Städte und sicherem Verkehr hinter den beiden anderen Szenarien zurück.

Im Szenarienvergleich wird aber auch deutlich, dass alle drei Szenarien mit einem erhöhten Finanzierungsbedarf einhergehen. Dieser entsteht nicht nur durch den Ausbau bestehender Infrastrukturen sowie dem Aufbau neuer Infrastrukturen und Angebote, sondern auch durch intensive Planungs- und Umsetzungsverfahren, die kommunal gesteuert werden müssen. Um einen bezahlbaren Verkehr für die breite Bevölkerung in nachhaltiger Weise sicherstellen zu können, wird es demnach auch zukünftig darauf ankommen, Pull-Maßnahmen effektive Push-Maßnahmen entgegenzusetzen, die auch einen finanziellen Ausgleich begünstigen können.

Auch der Weg zu der in den Szenarien für 2045 angenommenen Akzeptanz wird kein Selbstläufer sein. Eine Veränderung des über Jahrzehnte habitualisierten, auf den MIV ausgerichteten Verhaltens erfordert eine intelligente Gestaltung, das heißt Mobilitätsangebote sollen nicht nur nachhaltig, sondern auch bedarfsgerecht, aufeinander abgestimmt sowie einfach und kostengünstig nutzbar zur Verfügung stehen.

### **7.2.1 Wesentliche Erkenntnisse aus der Wirkungsbewertung**

Ausgehend von den Ergebnissen der Nachhaltigkeitsbewertung der drei gewählten Szenarien sollen nachfolgend die zentralen, szenarioübergreifenden Erkenntnisse knapp dargestellt werden.

Zunächst kann festgestellt werden, dass sich eine Konkretisierung von Zielbildern für die Ausgestaltung und Auswahl der Maßnahmen wie auch der daran anschließenden Bewertung von Nachhaltigkeitswirkungen als sinnvoll, wenn nicht gar notwendig erweist. Nur durch ein umfassendes Verständnis der zukünftig gewollten, »neuen Realität« lassen sich kurzfristige mit mittel- und längerfristigen Transformationsprozessen miteinander verzahnen. So können etwa kleinteiligere, auch zunächst experimentell angelegte Veränderungen im Quartier relativ kurzfristig umgesetzt werden, wohingegen die Planung und der Bau von Infrastrukturen etwa im öffentlichen Verkehr längerfristige Prozesse erfordern. Ein möglichst konkretes Zielbild ermöglicht dann jedoch einen umfassenden Blick, bei dem verschiedene zeitliche Horizonte in die Planung einbezogen werden können.

Gerade die urbane Transformation in Richtung einer klimaneutralen, nachhaltigen Mobilität geht mit teils hohen finanziellen Investitionen einher. Umso wichtiger erscheint es vor diesem Hintergrund, dass frühzeitig auch nachhaltige Finanzierungskonzepte entwickelt und bei Planungsvorhaben – auch im weiteren Kontext – berücksichtigt werden. So können etwa Belastungen des MIVs (z.B. Parkraumbewirtschaftung, City-Maut) zur Förderung des öffentlichen Verkehrs und alternativer Mobilitätskonzepte durch Refinanzierung beitragen.

Viele aktuelle Bestrebungen seitens der Kommune, den Klimaschutz in Städten zu optimieren, sind mit der hohen Hürde des gesetzlichen Rahmens konfrontiert. Das Baurecht, aber auch die StVO und das Straßenverkehrsgesetz in ihrer heutigen Form werden den Anforderungen an eine nachhaltige, klimagerechte Stadt nicht mehr gerecht. Es bedarf einer umfassenden Reform, um Kommunen und weiteren betroffenen Akteuren aus Wirtschaft und Gesellschaft eine zielgerichtete und schnelle Umsetzung von Klimaschutz-Maßnahmen zu ermöglichen.

Zuletzt sei darauf verwiesen, dass es für den Klimaschutz in Kommunen mehr braucht als Investitionen in Infrastrukturen. Umfassende Transformationsprozesse, denen es heute mehr denn je bedarf, erfordern einen nachhaltigen Fachkräfteaufbau in der Verwaltung. Eine funktionsfähige Verwaltung kann dann Umsetzungsprozesse effektiv

gestalten und begleiten, bei der dann auch neue Schwerpunktsetzungen erlaubt sein müssen.

### 7.3 Exkurs: Klimaschutz-Wirkung auf nationaler Ebene - Erweiterung der Bewertung

Die vorliegende Studie zeichnet sich durch eine umfassende Wirkungsbewertung aus, dadurch dass nicht nur ökologische, sondern auch Indikatoren und Maßnahmen sozialer und ökonomischer Nachhaltigkeit in die Analysen einfließen. Insbesondere die Fokussierung auf den urbanen Raum ist dagegen auch ursächlich dafür, dass sich die Ergebnisse auf einer explorativ-deskriptiven Ebene bewegen. Eine fehlende Quantifizierung der Wirkungen von Einzelmaßnahmen ist vor allem auf einen Mangel an verlässlichen Datengrundlagen zu potenziellen Entwicklungen im städtischen Verkehr zurückzuführen. Eine ergänzend aufgeführte Studienübersicht zu Nachhaltigkeitswirkungen soll dahingehend diese methodische und inhaltliche Lücke auffangen und eine Einordnung der Maßnahmen bzw. Handlungsfelder mit Blick auf die Gesamteffekte auf nationaler Ebene ermöglichen. Es werden nachfolgend Einzelergebnisse zu Wirkungsabschätzungen der folgenden Studien aufgegriffen:

- Klimaneutrales Deutschland 2045 [101]
- Klimapfade 2.0 [40]
- Klimaschutz im Verkehr [8]

Alle betrachteten Studien beziehen sich dabei ausschließlich auf Klimaschutz-Wirkungen in Deutschland, wobei sowohl Personenverkehr wie auch Güterverkehr in den Analysen Berücksichtigung finden. Neben vereinzelt dargestellten lokalen Maßnahmen<sup>10</sup>, stehen national umzusetzende Maßnahmen und Instrumente im Fokus. Der Exkurs zeigt dabei nicht nur Hebelwirkungen besonders wirkungsvoller Maßnahmen und Instrumente auf, sondern illustriert daneben Einzelwirkungen mit Überschneidungen der in FOMOS ebenfalls betrachteten Maßnahmen und Instrumenten. Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Einsparungspotentiale in den betrachteten Studien erfolgt ausschließlich auf nationaler Ebene für die Zieljahre 2030 (als Meilenstein) sowie 2045.

In der Studie »**Klimaneutrales Deutschland 2045**« [101] wird von einem Minderungspotential von insgesamt -73 Mio. T CO<sub>2</sub>-Äq. bis 2030 sowie weiteren -89 Mio. T CO<sub>2</sub>-Äq. bis 2045 ausgegangen. Zentralster Treiber auf dem Weg zur Klimaneutralität ist dabei die Elektrifizierung im PKW- und LKW-Bereich (vgl. nachfolgende Tabelle 25)

Tabelle 25: Auszug aus der Studie »Klimaneutrales Deutschland 2045«.

Zieljahr	Zentrale Maßnahmen und Instrumente	Treibhausgas-Emissions-Minderungspotential (in Mio T. CO <sub>2</sub> -Äq.)
2030	14 Mio. E-PKW, LKW fahren zu 30% elektrisch, mehr ÖPNV, sowie Rad-, Fuß- und Schienenverkehr	-73
2045	Elektrifizierung PKW-Verkehr, CO <sub>2</sub> -freier Güterverkehr, weiterer Ausbau ÖV	-89

<sup>10</sup> Vgl. hier vor allem [8].

Der BDI [40] betrachtet in seiner Studie zu »Klimapfaden 2.0« Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen bis 2030. Das Gesamtziel der Emissionen, die durch den nationalen Verkehr im Jahr 2030 verursacht werden, darf demnach höchsten 85 Mio. T CO<sub>2</sub>-Äq. betragen. Als wesentliche Maßnahmen werden in der Studie unter anderem folgende Maßnahmen einbezogen<sup>1112</sup>:

Tabelle 26: Auszug aus der Studie »Klimapfade 2.0«.

Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Treibhausgas-Emissions-Minderungspotential (in Mio t CO <sub>2</sub> -Äq.)
Verkehrsmittelwechsel	Erhöhung der Verkehrsleistung der Schiene um 30 % im Personenverkehr sowie 40% im Güterverkehr (ggü. 2019); Verlagerung auf Schiene; Stagnierung der Verkehrsleistung im Personenverkehr	2020-2030: -5 2031-2045: -5
Antriebswechsel im Straßenverkehr	Marktdurchdringung alternativer Antriebe (Ziel: 90% BEV), 14 Mio. BEV im Bestand bis 2030, Steigerung des Anteils elektrischer und wasserstoffbetriebener LKW an Neuzulassungen (75% bis 2030)	2020-2030: -47 2031-2045: -70
Grüne Kraftstoffe	Grüne Wasserstoffquote von 22% (inkl. Biokraftstoffe, synthetische Kraftstoffe und Wasserstoff)	2020-2030: -21 2031-2045: -5

Als besonders wirkungsvoll erweist sich auch in der Studie des BDI der Antriebswechsel mit einem bis 2045 angenommenen THG-Reduktionsbeitrag von 117 Mio. T CO<sub>2</sub>-Äq. (-47 Mio. T CO<sub>2</sub>-Äq. bis 2030). (vgl. [40])

Die Treibhausgas- Quellenemissionen ließen sich über den skizzierten Mix aus Maßnahmen und Instrumenten im Verkehr im Jahr 2030 gegenüber 2019 um -79 Mio. T CO<sub>2</sub>-Äq. reduzieren. Das entspricht einer Minderung von 48 Prozent. Gut zwei Drittel der angenommenen Emissionen sind dabei dem straßengebundenen Personenverkehr zuzuschreiben. Zwischen 2031 und 2045 können mit den angenommenen

<sup>11</sup> Für ausführlichere Informationen siehe [40]

<sup>12</sup> Die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen werden durch Instrumente der CO<sub>2</sub>-Bepreisung, Harmonisierung der Energiesteuer, Förderung der Lade- und H<sub>2</sub>-Infrastruktur, Kaufanreize für Batterie- und H<sub>2</sub>-PKW, Antriebsorientierte, CO<sub>2</sub>-basierte LKW-Maut, PtX-Quoten und -Auktionen sowie weiteren Instrumenten ergänzt. (vgl. [40]) Daneben wird der Mikromobilität, dem Carsharing wie auch einem verstärkten Ausbau der Rad- und Fußwege weiteres Reduktionspotential zugeschrieben. Diese werden jedoch auf Grund »nicht verlässlicher Quantifizierbarkeit« nicht detailliert betrachtet. (Vgl. [40])

Maßnahmenbündeln weitere 52 Prozent Emissionsminderung gegenüber 2019 im Verkehr folgen, um die Klimaneutralität im Verkehr bis 2045 zu sichern.

Die Agora-Studie »Klimaschutz im Verkehr« von 2018 weist den engsten Bezug zu Politikinstrumenten auf, die auf lokaler Ebene umgesetzt und wirken können. Entsprechend werden im nachfolgenden Einzelinstrumente aufgegriffen und deren Klimaschutzwirkungen dargestellt.

Tabelle 27: Auszug aus der Studie »Klimaschutz im Verkehr«.

Instrument	Beschreibung des Instruments	Treibhausgas-Emissions-Minderungspotential (in Mio t CO <sub>2</sub> -Äq.) bis 2030
Förderung des öffentlichen Verkehrs	Umstellung auf eine stärkere leistungs- und effizienzgebundene Verteilung der Mittel für den ÖPNV, Erhöhung der ÖV-Finanzierung um 1 Mrd. Euro	-0,3 bis -0,5
Förderung Rad und Fußverkehr	800 Mio. Euro p.a. zusätzlich für Rad- und Fußverkehr ab 2020;	-0,4 bis -1,3
Klimafreundliche Mobilität in Städten	»Lebenswerte Städte«: Car-sharing, Parkraum-bewirtschaftung, Zufahrtsbeschränkungen, Tempo 30	-1 bis -3,5

Die im Vergleich größte Klimaschutzwirkung kann dabei durch das gewählte Instrumentenbündel einer »lebenswerten Stadtgestaltung« mit einem Emissionsminderungspotential von bis zu 3,5 Mio. T. CO<sub>2</sub>-Äq. bis 2030 geschaffen werden. Unabhängig von der genauen Ausgestaltung wird hierbei aber vor allem deutlich, dass auf Verkehrsverlagerung abzielende Maßnahmen weit hinter den Klimaschutzpotentialen einer umfassenden Elektrifizierung zurückbleiben.

### 7.3.1 Fazit zu den weiteren Studienergebnissen auf nationaler Ebene

Wenngleich sich die Ausgestaltung und Annahmen hinter den Maßnahmen und Instrumenten zwischen den ausgewählten Studien unterscheiden, so bleibt festzuhalten, dass aus Klimaschutzperspektive der Elektrifizierung ein großer, wenn nicht der größte Stellenwert bei der Erreichung der Klimaschutzziele zuzuschreiben ist. Das Minderungspotential wurde hierbei auf bis zu 117 Mio. T CO<sub>2</sub>-Äq. bis 2045 geschätzt [40]. Bezieht man die Ergebnisse der Maßnahmenbewertung jedoch auf urbane (Lebens-)Räumen, so wird ebenso deutlich, dass der Beitrag von Maßnahmen und Politikinstrumenten zur Emissionsminderung für eine Bewertung der Nachhaltigkeitswirkungen nicht ausreichen kann und vor allem Aspekte sozialer Nachhaltigkeit ebenfalls berücksichtigt werden müssen. So sind es demnach gerade die Maßnahmen und Instrumente, die auf eine Verkehrsverlagerung und -vermeidung in Richtung Umweltverbund abzielen, und die – rein auf die Klimaschutzwirkung bezogen – von geringerer Relevanz scheinen.

Betrachtet man jedoch den positiven Effekt, der mit einer Förderung des ÖPNVs, des Rad- und Fußverkehrs und ergänzend dazu alternativen, nachhaltiger Mobilitätsangeboten einhergeht, genauer, so erkennt man: Gerade diese tragen wesentlich zu einer lebenswerten Stadt und der Daseinsvorsorge bei. Im Sinne einer größeren



Handlungsfähigkeit auf kommunaler Ebene sollten demnach in zukünftigen Wirkungsabschätzungen noch stärker die aus sozialer Nachhaltigkeitssicht zentralen Maßnahmen und Instrumente auf lokaler Ebene in die Berechnungen einbezogen werden. Davon würde perspektivisch die kommunale Verwaltung ebenso profitieren wie auch weitere Stakeholder der Mobilitäts- und Automobilwirtschaft, indem wirkungsvolle Trends frühzeitig erkannt und in der Umsetzung priorisiert werden können.

## 7.4 Abgleich von förder- und innovationspolitischen Maßnahmen

Neben einer wirksamen Rahmengenbung für eine Steigerung der ökologischen Nachhaltigkeit in urbanen Mobilitätssystemen, stellt die Innovationskraft den zentralen Ansatzpunkt für eine zukunftsfähige Gesellschaft dar. Innovationen sind ein wesentlicher Faktor in der Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen und zur Herbeiführung großskalierter Systemtransformationen [67]. Entsprechend wird in der europäischen Innovationspolitik neben der Steigerung ökonomischer Wettbewerbsfähigkeit auch der Aufbau einer umweltfreundlicheren Gesellschaft und die Verbesserung der Lebensqualität als zentrales Ziel angestrebt [58]. In dieser missionsorientierten Innovationspolitik erfolgt die Entwicklung spezifischer Technologien im Einklang mit staatlich definierten Zielen. Gegenwärtige Herausforderungen, wie der Klimawandel, können aufgrund der hohen Komplexität nicht allein durch gezielte Technologieentwicklung adressiert werden [104]. Lösungsansätze sind daher auf verschiedene Handlungs- und Innovationsfelder verteilt. Europaweit ist die Dekarbonisierung urbaner Räume und damit auch der urbanen Verkehrssysteme eines dieser Handlungsfelder auf dem Weg zu einer klimaneutralen Gesellschaft. Auch die Zukunftsstrategie des BMBF formuliert eine nachhaltige Mobilitäts- und Stadtentwicklung als Ziel zur Erreichung der Klimaziele bis 2045.

Damit urbaner Wandel gelingt, ist ein wirksames Zusammenspiel aus technologischer Entwicklung, stadtplanerischen Maßnahmen, geeigneten Governance-Instrumenten, funktionierendem Wissensmanagement und Innovation notwendig [39]. Damit insbesondere auch Innovationen in diesem Wirksystem ihren Beitrag leisten können und Neues entstehen und sich etablieren kann, müssen geeignete Rahmenbedingungen vorherrschen. Dies bezieht sich auf vorteilhafte Standortfaktoren, aber auch ein Akteursgefüge, aus dem sich vitale, kooperative und leistungsfähige Ökosysteme herausbilden können. All das ist Aufgabe und Zielsetzung der Innovations- und Förderpolitik.

Instrumente in der Innovations- und Förderpolitik können wie folgt nach **(1)** Wirtschafts- und Finanzinstrumenten, **(2)** Regulierungsinstrumenten und **(3)** weichen Instrumenten unterschieden werden [22]:

- (1) Wirtschafts- und Finanzinstrumente** beschreiben Maßnahmen, die direkt auf die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Finanzierungsmöglichkeiten von Projekten abzielen. Mit ihnen können spezifische finanzielle Anreize (oder Negativanreize) geschaffen werden. Dazu zählen beispielsweise Unterstützungen für Forschungsorganisationen und Universitäten, Steuerbefreiungen, Unterstützungen für Risiko- und Startkapital oder wettbewerbsorientierte Forschungsförderung.
- (2) Regulierungsinstrumente** machen sich neue und bestehende Vorschriften und Regeln zu Nutze, die den Rahmen für die Entwicklung und den Betrieb von Mobilitätslösungen in Städten festlegen. Sie beziehen sich auf sozial- und marktpolitische Interaktionen und üben etwa Einfluss auf Rechte an geistigem Eigentum aus, definieren statutengemäße Regelungen für Universitäten und

öffentliche Einrichtungen oder die Wettbewerbspolitik für FuE-Allianzen. Auch ethnische Vorschriften im Zusammenhang mit der Entwicklung und Nutzung von neuen Technologien können relevant sein.

- (3) Weiche Instrumente** wirken, indem sie die Handlungsweisen und Entscheidungen von Akteuren im Mobilitätssystem beeinflussen. Sie sind Instrumente freiwilliger und nicht verpflichtender Art (Empfehlungen, freiwillige Vereinbarungen usw.). Beispiele hierfür sind freiwillige Standardisierungen, Verhaltenskodizes, öffentlich-private Partnerschaften, freiwillige Vereinbarungen, Open Science und offene Innovationsprogramme.

Im Rahmen des Projekts wurden insgesamt neun innovations- und förderpolitische Werkzeuge identifiziert [60], die im individuellen Instrumentenmix Ausgestaltungsmöglichkeiten für die urbane Mobilität ermöglichen:

#### Direkte Forschungs- und Entwicklungs- (FuE) - und Innovationsförderung

Forschung und Entwicklung durch FuE-Förderung geschieht gleichermaßen in privaten Unternehmen, aber auch in öffentlichen und privaten Institutionen. Neben institutioneller Unterstützung von Forschungsorganisationen werden durch Projektförderungen themenspezifisch innovative Entwicklungen unterstützt, sowie durch Auftragsförderung Forschungsaufträge an Dritte vergeben. Auf europäischer Ebene dient die Innovationsförderung für die Stadt- und Mobilitätsentwicklung dem Ziel einer weitreichenden gesellschaftlichen Dekarbonisierung. Hierzu stehen mehrere Innovationsförderprogramme, beispielsweise unter dem Rahmenprogramm Horizon Europe, zur Verfügung. Das Ziel der Erreichung klimaneutraler Städte und damit auch emissionsfreier urbaner Verkehrssysteme ist Teil der ausgerufenen Missionen der Europäischen Kommission [55]. Zudem existieren nationale Förderaufrufe, die im inhaltlichen und programmatischen Zusammenhang mit den europäischen Zielstellungen stehen, wie der BMBF-Call *DUT* [29].

Kategorie: Wirtschafts- und Finanzinstrumente | Schwerpunkt: Europäisch, National

#### Innovationswettbewerbe

Innovationswettbewerbe erstrecken sich über alle Phasen des Innovationsprozesses, einschließlich der Ideengenerierung, Konzeptentwicklung, Auswahl und Implementierung. Innovationswettbewerbe umfassen eine Ausschreibung einer Aufgabenstellung, die Teilnahme von Wissensträgerinnen und -trägern und die Erarbeitung von Lösungen und neuen Ansätzen in einem zeitlich begrenzten Rahmen. Innovationswettbewerbe lassen sich auf konkrete lokale Räume und praxisnahe Fragestellungen herunterbrechen, wie beispielsweise der jährliche Innovationswettbewerb der Stadt München zeigt [115]. Gleichermäßen können auch experimentell-technische Entwicklungen in den Fokus rücken, wie dies bei der Hyperloop Pod Competition des US-amerikanischen Unternehmens Space X der Fall war [120].

Kategorie: Weiche Instrumente | Schwerpunkt: Kommunal

#### Innovationsagenturen

Innovationsagenturen bilden eine koordinierende Instanz bei der Ausgestaltung und Umsetzung von Innovationspolitiken. Als Institutionen bringen sie Akteure aus Wissenschaft, Gesellschaft, Wirtschaft und öffentlichem Sektor zusammen. Mehrheitlich wirken sie auf nationaler Ebene und begleiten Innovationsprozesse und -vorhaben. 2019 wurde in Deutschland die *Bundesagentur für Sprunginnovation* (SPRIND) in Leben gerufen, die institutionelle und finanziellen Strukturen für zukunftssträchtige Technologieentwicklungen mit großer Transformationskraft schaffen soll [113]. Sprunginnovationen beziehen sich auf Lösungen, die signifikant bessere Kosten- und Nutzenrelationen für die Schaffung neuer dynamischer Märkte bieten oder denen eine hohe Durchdringung bestehender Märkte gelingen kann [45]. Mit der *Deutsche Agentur für Transfer und Innovation*

soll zudem ergänzend ein Instrument etabliert werden, mit dem regionale Innovationsökosysteme und Transferprozesse gestärkt werden sollen [30]. Bislang gibt es keine nationale Innovationsagentur in Deutschland, die sich dezidiert mit den gesellschaftlichen und technologischen Herausforderungen sowie den politischen Zielen der Verkehrswende in urbanen oder ländlichen Räumen auseinandersetzt.

Kategorie: Weiche Instrumente | Schwerpunkt: National

#### Innovationsfonds

Innovationsfonds stellen zweckgebunden finanzielle Mittel für transformative Vorhaben zur Verfügung. Im Vergleich zur FuE-Förderung orientieren sich Innovationsfonds stärker an der Adressierung breiterer gesellschaftlicher Fragestellungen, als an spezifischen Beiträgen für Wissenschaft und Forschung. Zudem bestehen weitere strukturelle Unterscheidungen. Die Finanzierung des Fonds kann sowohl aus staatlichen als auch aus privaten Mitteln erfolgen, die Mittel-Verwaltung und -Vergabe erfolgt meist über eigens zu diesem Zweck eingesetzte Organisationen oder Gremien. In beiden Fällen ist die Zuwendung als nicht-rückzahlbarer Zuschuss zu betrachten, sofern dieser aus öffentlichen Mitteln stammt. Insgesamt sind die Übergänge und Abgrenzungen zwischen Innovationsförderungen und Fonds begrifflich nicht ganz eindeutig, was beispielsweise auch die Innovationsinitiative *mFund* des BMDV zeigt [32]. Auf regionaler Ebene existiert beispielsweise der *Stuttgarter Klima Innovationsfond* im Umfang von 13 Millionen Euro, bei dem kommunale Innovationsprojekte gefördert werden [116].

Kategorie: Wirtschafts- und Finanzinstrumente | Schwerpunkt: Kommunal, National, Europäisch

#### Reallabore

Reallabore sind zeitlich und räumlich begrenzte Testräume oder -umgebungen, in denen Technologien oder Geschäftsmodelle mit hohem Neuheitsgrad unter realen Bedingungen erprobt werden können. Diese neuen Konzepte sind oft nur bedingt mit bestehenden Rechts- und Regulierungsrahmen vereinbar, weshalb Reallabore rechtliche Spielräume (Experimentierklauseln) nutzen, um Funktion und Akzeptanz zu erproben. Evidenzbasiert kann somit der bestehende Rechtsrahmen weiterentwickelt werden. Außerdem wird durch die Möglichkeit der Partizipation, die gesellschaftliche Akzeptanz von Innovationen geprüft und idealerweise gefördert [37, 128]. Innovationskonzepte werden somit nicht nur räumlich in diesen Reallaboren verortet und getestet, sondern können auch in bestehende und aktive Governance-Strukturen überführt werden. In der Metropolregion Hamburg wurde bis Ende 2021 das *ReallabHH* mit mehreren Teilprojekten u.a. mit den Schwerpunkten Mikromobilität, betrieblicher Mobilität, City-Logistik und digitalen Angeboten durchgeführt. Mit Abschluss des Erprobungszeitraums wurden ausgewählte Vorhaben weitergeführt und ein Projektbaustein in den Regelbetrieb übernommen [71].

Kategorie: Regulierungsinstrument | Schwerpunkt: Kommunal

#### Testfelder

Testfelder stellen auf privaten oder öffentlichen Flächen spezifische Infrastrukturen für die Erprobung von neuen Technologien und Innovationskonzepten bereit. Sie schaffen für Wissenschaft, Industrie und Forschung reale, aber auch kontrollierte Rahmenbedingungen für die technische Erprobung von neuen Mobilitäts- und Verkehrssystemen. Derzeit bestehen in Deutschland beispielsweise mehrere Testfelder zur automatisierten und vernetzten Mobilität u.a. auf ausgewählten Straßenabschnitten in Baden-Württemberg, Hamburg, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Diese werden für die Erprobung und Weiterentwicklung von Fahrzeugen, Fahrzeugfunktionen und Infrastrukturen genutzt. Aktuell sorgt ein übergreifendes Koordinierungsprojekt für die Abstimmung und

Vernetzung zwischen den Testfeldern, um den wirksamen Wissens- und Ergebnistransfer zwischen den Bundesländern zu gewährleisten [97].

Kategorie: Regulierungsinstrument | Schwerpunkt: Kommunal, National

#### Innovationslabore und -hubs

Innovationslabore oder -hubs sind private oder öffentliche Angebote für unterschiedliche Akteure im Innovationsprozess. Sie wirken vernetzend, kreativitätsfördernd und wertschöpfend. Während Innovationslabore eher auf die unmittelbare Bereitstellung von Wissen und Ressourcen abzielen, zielen Innovationshubs auf den strukturellen Aufbau und die Pflege von Innovationsökosystemen ab [121]. Sowohl Labore als auch Hubs fördern den kollaborativen Austausch und die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren. Während Hubs eine Plattform für lokale und überregionale Partner bieten, streben Initiatoren von Labs die (Weiter-)Entwicklung von Innovationskonzepten, neuen Diensten und Produkten zusammen mit strategischen Partnern an. In München bildet das *Munich Urban Colab* einen Innovationshub für zukunftsorientierte Stadtentwicklung [92]. Auch die *Brycke* in Stuttgart stellt einen Anlaufpunkt für lokale Innovatoren dar [26].

Kategorie: Weiches Instrument | Schwerpunkt: Kommunal

#### Start-Up- / Gründerförderung

Start-Ups und Neugründungen finanzieren sich mehrheitlich mit externem Kapital. Besonders staatliche Fördermittel sind neben Business Angels sowie privaten Wagniskapital-Zugängen bevorzugte Kapitalquellen. Auf EU, Bundes- und Länderebene existieren Förderprogramme für Start-Ups, die eine Finanzierung möglich machen. Beispiele hierzu sind *Startup Europe* (EU) [56], *KfW-Förderkredite* (Bund) [36] oder *Start-up Baden-Württemberg* (Land) [117]. Ein gründungsfreundliches Klima und ein gut funktionierendes regionales Ökosystem sind wichtige Standortfaktoren für die Etablierung einer lokalen Gründerszene und ein Ergebnis wirksamer innovationspolitischer Bestrebungen [19]. Unter diesem Aspekt spielt auf städtischer Ebene auch der institutionalisierte Zugang zu Förder- und Finanzierungsoptionen eine Rolle, die beispielsweise über Gründungsberatungen bereitgestellt werden kann.

Kategorie: Wirtschafts- und Finanzierungsinstrumente | Schwerpunkt: National, Europäisch

#### Partizipation und Bottom-up-Innovation

Partizipation bezieht sich auf die Einbindung der Öffentlichkeit sowie Nutzerinnen und Nutzer in Innovations- und Transformationsprozesse. Eine umfassende Öffentlichkeits-einbindung gilt als wesentliche Strategie, um Neues in seiner sozialen Robustheit und Akzeptanz zu etablieren [74]. Partizipationsansätze und Bottom-up-Prozesse in der Stadt- und Mobilitätsentwicklung können, auch nur gering formalisiert, kurzfristig und als temporäre Formate, geeignete Vehikel für stadträumliche Veränderungen darstellen. Bestehende Herangehensweisen, wie beispielsweise *Tactical Urbanism*, zeigen unkomplizierte und kostengünstige Möglichkeiten, städtische Transformationspotenziale im Verkehrsraum begreifbar und erlebbar machen. Durch den Aufbau, beispielsweise von Pop-up Parks, der Neuverteilung von Verkehrsflächen, aber auch der Etablierung von Sitz- und Verweilmöglichkeiten können politische und gesellschaftliche Diskurse zur Innenstadtentwicklung geführt werden.

Kategorie: Weiches Instrument | Schwerpunkt: Kommunal

Die identifizierten Instrumente wirken komplementär zueinander entlang von Innovations- und Veränderungsprozessen. Sie umfassen, ausgehend von geeigneten (finanziellen) Anreizen, passende Formate (z.B. Reallabor, Testfeld) für eine praktische Umsetzung

und Erprobung, aber auch Möglichkeiten der Akzeptanzbildung und -förderung. Somit ist eine Verknüpfung der strukturell unterschiedlichen Bausteine über die verschiedenen Wirkungsbereiche (kommunal, national, europäisch) notwendig, um ein stimmiges innovationspolitisches Rahmenwerk zu erhalten. Dieses erfordert im Fall von Wirtschafts- und Finanzierungsinstrumenten klare und transparente Kriterien in der Konzeption. Instrumente zur Umsetzung benötigen hingegen eine enge Zusammenarbeit zwischen Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft, Öffentlichkeit und Behörden sowie eine Berücksichtigung der relevanten Governance-Strukturen. Instrumente, die auf Akzeptanz und Diffusion einwirken können, sind auf (institutionelle) Multiplikatoren, Netzwerke und das Engagement sowie die Einbindung lokaler Organisationen angewiesen.

Im folgenden Kapitel erfolgt der abschließende Transfer- und die Interpretation der Erkenntnisse der Szenario-Entwicklung unter Zuhilfenahme klima- und innovationspolitischer Maßnahmen und Instrumente. Es werden abschließende Erfolgsfaktoren für die Mobilität in klimaneutralen Städten vorgestellt.

## 8 Implikationen für Mobilität in klimaneutralen Städten

Aus den erfolgten Analyseschritten der drei Szenarien und der anschließenden Bewertung von resultierenden Maßnahmen und innovationspolitischen Rahmenbedingungen wurden neun Handlungsempfehlungen identifiziert. Diese sind aus Sicht der wissenschaftlichen Vergleichsanalyse der aktuellen Situation und den zugehörigen Transformationspfaden in Richtung der Zielvision »klimaneutrale Städte und Regionen« von hoher Bedeutung, um vor allem schnelle und zielgerichtete Aushandlungs- und Umsetzungsprozesse auf kommunaler Ebene zu erreichen:

- Erfolgsfaktor 1: Initiierung eines koordinierten kommunalen Transformationsfonds für ESG-Finanzierung
- Erfolgsfaktor 2: Missionsorientierte Kommunikation von Projekten und Förderrichtlinien der Verkehrswende
- Erfolgsfaktor 3: Definition von vernetzten Modellprojekten angelehnt an MPSC-Förderprogramme
- Erfolgsfaktor 4: Innovation durch offenere regulatorische Rahmenbedingungen stärken
- Erfolgsfaktor 5: Große gesellschaftliche Realexperimente für neue städtische und ländliche Mobilität
- Erfolgsfaktor 6: Transformation setzt umfassende Entbürokratisierung und digitale Verwaltungsprozesse voraus
- Erfolgsfaktor 7: Europa muss ein einheitliches Mobilitäts-Ökosystem als Marketdesign ausbilden
- Erfolgsfaktor 8: Neue Partnerschaften für Planungs- und Verwaltungsprozesse initiieren
- Erfolgsfaktor 9: Technologiesprünge für Dekarbonisierung und Zirkularität von Verkehr sowie gebauter Infrastruktur

### Erfolgsfaktor 1: Initiierung eines koordinierten kommunalen Transformationsfonds für ESG-Finanzierung

Ein Transformationsfond für urbane Mobilität unterstützt und finanziert innovative Vorhaben mit hohem Potenzial für lokale und überregionale Veränderungen zur Erreichung der Verkehrswende (vgl. *Klima-Innovationsfond* der Stadt Stuttgart). Über unkomplizierte Zuweisungsverfahren, die Berücksichtigung zukünftiger CO<sub>2</sub>-Preise im Emissionshandel sowie ergebnisorientiertes Monitoring (vgl. result-based financing) können für Kommunalverwaltungen neue Wege zusätzlich zu bestehenden Förderinstrumenten geschaffen werden. Wichtig sind hier vor allem langfristige Planbarkeit und die Umlage bzw. Berücksichtigung bestehender Subventionsmaßnahmen (z.B. Mineralölsteuer). Vor allem die Berücksichtigung von ESG-Kriterien aus dem Finanzsektor erfordert hierbei langfristige Rahmenbedingungen und sektorübergreifendes Handeln.

→ **Aufbau eines 10-Jahre verfügbaren ESG-Transformationsfonds für kommunale Verkehrs- und Klimawendeprojekte mit min. 40 Milliarden Euro (jährlich 500 Euro *virtuelles Budget* pro Bürger) [125]**

### Erfolgsfaktor 2: Missionsorientierte Kommunikation von Projekten und Förderrichtlinien der Verkehrswende

Ambitionierte Projekte wie auch zugehörige Förderprogramme sollten rhetorisch und kommunikativ durch eine einprägsame, weitsichtige und identifikationsstiftende Vision vermitteln (vgl. *Marshall-Plan, Apollo-Mission, Green New Deal, Zeitenwende*). Während die Europäische Union mit dem *New Green Deal* ein klares Narrativ formuliert hat, fehlt dies bislang auf nationaler Ebene. Es bestehen zwar politische Ziele und normative Vorgaben, aber es bleiben bis heute Fragmente ohne gesellschaftlich verständlichen Zusammenhang – unterschiedliche Narrative auf den einzelnen föderalen Ebenen verstärken diesen Eindruck [96]. Dabei gilt es auch die Abhängigkeiten zwischen Verkehrs- und Klimawende sowie organisatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen hinreichend auf kommunaler und nationaler Ebene zu vermitteln.

→ **Aufbau einer koordinierten nationalen Kommunikationskampagne von Politik, Wirtschaft und Kommunen mit klaren Narrativen, wissenschaftlicher Präzision sowie innovativen Maßnahmen**

### Erfolgsfaktor 3: Definition von vernetzten Modellprojekten angelehnt an MPSC-Förderprogramm

Über einen Projekt- und Förderrahmen sollten Vorreiterstädte, Kommunen und Regionen für langfristig-strategische und transformative Vorhaben definiert und unterstützt werden. So wie seit 2020 das Förderprogramm MPSC des BMWV mit gesamt 73 Modellvorhaben und Fachbegleitung durch die Koordinierungs- und Transferstelle Smart Cities über sieben Jahre initiiert wurde, bedarf es einer Erweiterung oder Ergänzung im Bereich der Verkehrs- und Klimawende. Dabei sollte vor allem der Wissenstransfer zwischen Kommunen mittels »Good Practices« und Standardprozessen oder interkommunalen Arbeits- und Entwicklungsgemeinschaften im Vordergrund stehen. Ähnliches hat die EU bereits 2015 mit den vernetzten Smart Cities und Communities Projekten mit »Leuchtturmstädten« (Lighthouses) und »Nachfolgerstädten« (Follower) sowie dem übergreifenden Smart Cities Marketplace [57] begonnen – eine Fortführung läuft aktuell mit der EU-Mission *100 climate-neutral cities*.

→ **Aufbau eines strategischen Förder- und Transferprogramms für Klima- und Verkehrswendeprojekte in Deutschland mit Fokus auf Skalierung und Replikation von Maßnahmen (z.B. 20 Städte mit klimaneutralem Verkehr bis 2035)**

### Erfolgsfaktor 4: Innovation durch offenere regulatorische Rahmenbedingungen stärken

Bestehende Instrumente für Reallabore durch Experimentierklauseln gehen im Verkehrssektor noch nicht weit genug. Aktuelle Rechtsdiskussionen wie bei der möglichen

Einführung von Tempo30 innerstädtisch, dem Ausbau von Fahrradwegen oder der Einführung neuer Mobilitätsdienste belegen den schwierigen Umgang mit rechtlichen Rahmenbedingungen. Dagegen belegen internationale Ansätze wie *performance-based building codes* (im Bausektor) die Wirksamkeit innovationsförderlicher Gesetze, Normen und Standards zur Erreichung und Übertreffung gesetzter Ziele («Innovation as leapfrogging advantage») im gültigen Rechtsrahmen.

Hierbei sollten vor allem sektorübergreifende Mechanismen berücksichtigt werden, die sowohl im öffentlichen Raum wie auch bei privaten Maßnahmen (z.B. in Immobilienwirtschaft) entsprechende Anreize schaffen. Mittelfristiges Ziel muss die Entwicklung eines »smarten« Rechtsrahmens sein, wie es bereits innovationspolitisch im BMWK im Rahmen der Energiewendeprojekte begonnen wurde [38].

→ **Entwicklung und Erprobung neuer innovationsförderlicher Rahmenbedingungen in der Gesetzgebung, die als rechtssichere Anreize für Klima- und Verkehrswende auf kommunaler Ebene wirken.**

#### Erfolgsfaktor 5: Große gesellschaftliche Realexperimente für neue städtische und ländliche Mobilität

Durch groß angelegte und öffentlichkeitswirksame Experimente (Reallabore) können neue städteplanerische Konzepte, Geschäftsmodelle und Technologien erprobt und demonstriert werden. Diese bieten Möglichkeiten zur breiten Akzeptanzschaffung und zu einer partizipativen Innovations- und Technologieentwicklung (vgl. *9-Euro-Ticket 2022, IAA Mobility Open Spaces, Suwon Ecomobility Festival*). Auch wenn der Begriff »Reallabor« in den letzten Jahren mehr und mehr Relevanz erfahren hat, verfehlen dennoch viele Projekte die gesteckten Ziele echter gesellschaftlicher Transformation und der Verstetigung von Erkenntnissen [127]. So wurde die genuine Intention von Reallaboren, gesellschaftliche Transformationen anzustoßen, zugunsten einer techno-ökonomischen Innovationsorientierung aufgeweicht. Hierzu bedarf es neuer mutiger und vor allem großformatiger Realexperimente zur klimaneutralen Mobilität von morgen als kontinuierliche Lern-, Anpassungs- und Verwertungsprozesse in Stadt und Land – vom einzelnen Quartier bis zu einer ganzen Region.

→ **Aufbau und Verstetigung von gesellschaftlichen Realexperimenten mit aktiver Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern für neue Mobilitätsformen in Richtung Klimaneutralität**



## Erfolgsfaktor 6: Transformation setzt umfassende Entbürokratisierung und digitale Verwaltungsprozesse voraus

-----  
Implikationen für Mobilität in  
klimaneutralen Städten  
-----

Beispiele wie die *SPRIND* zeigen in Ansätzen, dass staatliche Innovations- und Technologieförderung nur dann wirksam gelingt, wenn sie außerhalb von öffentlichen Verwaltungsstrukturen stattfinden kann. Transferagenturen und weitere Instrumente werden benötigt, die eine unbürokratische, digitale und agile Förder- und Innovationsförderung im Verkehrs- und Mobilitätsbereich ermöglichen. An vielen Stellen kommunaler Verkehrs- und Stadtentwicklung greifen komplexe Mechanismen aus kommunaler, länderbezogener, nationaler und teilweise auch europäischer Ebene ineinander und bedingen langwierige bürokratische Prozesse. Beispielhaft sind hier Genehmigungsverfahren der Umweltprüfung zu nennen, die meist linear zwischen mehreren Instanzen ablaufen und sich über Jahre hinziehen können. Gerade Ansätze der Verwaltungsdigitalisierung oder digitalen Planung (vgl. *OZG*, *BIM*) bieten großes Potenzial solche Transformationsprozesse zu entbürokratisieren, zu verschlanken und zu beschleunigen.

→ Definition unbürokratischer und digital gestützter SOLL-Prozesse (z.B. TOP10) für kommunale Verkehrs- und Klimawendeprojekte

## Erfolgsfaktor 7: Europa muss ein einheitliches Mobilitäts-Ökosystem als Marktdesign ausbilden

Technologieanbietern müssen Möglichkeiten geboten werden, neue Lösungen und Produkte EU-weit replizieren zu können. Dies erfordert Intensivierung länderübergreifender (Forschungs-)Projekte und Initiativen, die Anwendung einheitlicher Standards sowie rechtliche Angleichungen. Mit dem SUMP-Rahmenwerk für nachhaltige urbane Mobilität besteht bereits ein kommunaler Ansatz auf europäischer Ebene, der im Weiteren durch eine Marktperspektive für urbane Mobilitätsdienste und -projekte mit einheitlichen Standards und Schnittstellen ergänzt werden könnte. Dabei werden interoperable Daten eine zunehmende Rolle spielen: Mit dem seit 2021 bestehenden *Mobility Data Space* [87] auf nationaler Ebene entsteht bereits einer der nationalen Zugangspunkte des europäischen Programms *Connecting Europe Facility* zur länderübergreifenden Koordinierung. Somit werden in den nächsten Jahren die ökonomischen, technischen, prozessualen und rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Public Sector Innovation Procurement) [54] immer wichtiger für ein einheitliches Marktdesign für eine klimaneutrale urbane Mobilität.

→ Homogenisierung ökonomischer Rahmenbedingungen in Europa zur Skalierung nachhaltiger Mobilitätslösungen für Anbieter (z.B. bei Vergabe und Betrieb im öffentlichen Sektor)

## Erfolgsfaktor 8: Neue Partnerschaften für Planungs- und Verwaltungsprozesse initiieren

An städtische Verwaltungen und staatlichen Behörden werden in der Verkehrsplanung und dem Mobilitätsmanagement immer höhere fachliche und personelle Anforderungen gestellt. Um diesen strukturellen Herausforderungen zu begegnen, ist neben zunehmender Prozessautomatisierung und weiterer Qualifizierung auch die Initiierung neuer privat-öffentlicher Partnerschaften notwendig. Beispielhaft werden nicht nur strategische Allianzen wie im Großraum München seit Ende 2022 zwischen Kommunen, Unternehmen und Politik [16] wichtiger, sondern auch operative Partnerschaften zur Bewältigung umfangreicher Transformationsprozesse (z.B. Planungsleistungen, Koordinierungs-

aufgaben) bis hin zu innovativen Personalgestellungsformaten zwischen allen Akteuren entlang prioritärer Planungs- und Umsetzungsaufgaben (vgl. *LivingLaB* Ludwigsburg [114]). Hierzu bedarf es neuer Spielräume, wie unterschiedliche Akteure intersektoral zusammenarbeiten und organisatorische Grenzen (z.B. Special Purpose Vehicles) für Klima- und Verkehrswende überwinden können.

→ Etablierung strategischer und operativer Partnerschaften auf kommunaler bzw. regionaler Ebene bis hin zu neuen unternehmerischen oder genossenschaftlichen Kooperationen

#### Erfolgsfaktor 9: Technologiesprünge für Dekarbonisierung und Zirkularität von Verkehr sowie gebauter Infrastruktur

Neben laufenden Forschungs-, Entwicklungs- und Skalierungsprojekten mit Bezug zu Klima- und Verkehrswende stellt sich die Frage nach weiteren noch unbekanntem Lösungsansätzen mit hohem Disruptionspotenzial («Leapfrogging») für unsere Städte und Regionen. Durch große Fortschritte im Bereich kognitiver Systeme (z.B. KI, Quantencomputing) können beispielsweise völlig neue Ansätze in der materialwissenschaftlichen Forschung erreicht werden, die zur CO<sub>2</sub>-freier Stoff-, Produkt und Komponentenentwicklung auf breiter Basis genutzt werden können. Damit kann eine Dekarbonisierung von verkehrlichen und infrastrukturellen Produkten bzw. Bauweisen herbeigeführt werden. Ebenso kann eine Missionsorientierung für klimaneutrale bzw. zirkuläre Städte und Mobilitätssysteme durch öffentlich-private Investitionen und Wagniskapitalfinanzierung unterstützt werden, die nach neuen Visionen und Antworten zu bisher ungelösten Herausforderungen (Challenges) sucht (vgl. *X Prize*: [134]).

→ Gezielte Förderung von Technologiesprüngen, disruptiven Ideen und mutigen Visionen zur Zukunft von Verkehr und Stadt jenseits von Klimaneutralität («What's next?»).

Zur proaktiven Positionierung eines Großprojekts für die innovationspolitische Umsetzung der Klimaschutzziele in der Mobilitäts- und Stadtentwicklung in Deutschland wurde im Anschluss an die Szenariostudie eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. In der Machbarkeitsstudie wurden die in den Transformationsszenarien entwickelten Hypothesen und Maßnahmen mit den bestehenden Planungen, Zielen und Herausforderungen aktueller Kommunalpolitik abgeglichen und hinsichtlich ihrer ökologischer, sozialer und ökonomischer Nachhaltigkeitswirkungen (z.B. Flächenverbrauch, Verkehrsvermeidung und -verlagerung, lebenswerte Innenstadt, bezahlbarer Verkehr) bewertet. Die Machbarkeitsstudie erfolgte anhand einer konkreten Modellstadt als Proof-of-Concept und bezog sich konkret auf die Ergebnisse — Szenarien und Handlungsempfehlungen — der Szenariostudie. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf Modularität und Ganzheitlichkeit der Lösungsansätze.

Am Beispiel des Stadtbezirks Bad Cannstatt der Stadt Stuttgart wurden in Kooperation mit dem Fraunhofer IAO, der Landeshauptstadt Stuttgart und unter Beteiligung der Mitglieder des Arbeitskreis 7 des VDA konkrete Maßnahmen für die innovationspolitische Umsetzung und Erreichung der Klimaschutzziele in der Mobilitäts- und Stadtentwicklung identifiziert.

In enger Zusammenarbeit mit der Stadt Stuttgart und dem VDA wurde Themen- und Maßnahmenschwerpunkte im definierten Umsetzungsgebiet sowie eine genaue Verortung der Maßnahmen vorgenommen. Hierbei wurden Priorisierungen, Nutzungskonflikte, Investitionsbedarfe, Rahmenbedingungen und aktuelle Trends mit einbezogen. Anschließend wurden Förder- und Beteiligungspartnerinnen und -partner, sowie Potenziale für neue Geschäftsmodelle identifiziert. Entlang des gesamten Prozesses fanden regelmäßige Workshops statt, die gewährleisten, dass die aktuellen Bedarfe von allen beteiligten privaten und kommunalen Stakeholdern berücksichtigt werden konnten und sich in den entwickelten Maßnahmenbündeln wiederfinden.

In Kooperation mit dem Öko-Institut e.V. wurde abschließend eine Wirkungsanalyse der Maßnahmen vorgenommen. Diese beinhaltet die Wirkungsabschätzungen der Klimaefekte und die Analyse weiterer Nachhaltigkeitswirkungen bei konkretem Raumbezug.

FOMOS adressiert zielgerichtet die Mission klimaneutraler Stadt- und Mobilitätsentwicklung in Deutschland, welche sich auch in aktuellen Strategien, Netzwerken und Förderprogrammen der Bundesregierung wiederfindet [5, 6].

### 9.1 Verortung: Bad Cannstatt, Stuttgart

Vor dem Hintergrund der lokalen und internationalen Klimaschutzziele, bei gleichzeitig steigendem Siedlungs- und Pendeldruck, steht die Stadt Stuttgart insgesamt vor stadtplanerischen Herausforderungen. Mit fast 54% hat Stuttgart den fünftgrößten mittleren Versiegelungsgrad der Siedlungsflächen unter den größten Städten Deutschlands [64].

Die Stadt Stuttgart ist planungsgeschichtlich, aber auch aufgrund des Automobilstandorts als Autostadt bekannt. Laut einer Potenzialanalyse der PTV Group (im Auftrag der Stadt Stuttgart) besteht ein großes Potenzial zur anteiligen Verlagerung des Verkehrs auf die aktive Mobilität [93]. Danach ist es potenziell möglich, 62% aller Strecken mittels

Nahmobilität zurückzulegen und 40% der PKW-Strecken auf Fuß- oder Radverkehr zu verlagert [93].

Im Austausch mit allen Beteiligten wurde Bad Cannstatt für die Verortung des Transformations-schaufensters gewählt. Bad Cannstatt ist ein Stadtbezirk im Osten Stuttgarts mit insgesamt 18 Stadtteilen [2]. Bad Cannstatt besitzt in Stuttgart aufgrund seiner Größe und seiner ökonomischen und kulturellen Infrastruktur eine besondere Bedeutung [2, 119]. Neben positiven wirtschaftlichen Charakteristika weist Bad Cannstatt jedoch auch Entwicklungspotentiale bzgl. der Schließung von Infrastrukturlücken (ÖPNV, aktive/ alternative Mobilität, E-Mobilität), der Erhöhung der Aufenthaltsqualität, sowie der Verringerung der Hitzebelastung und Erhöhung der ökologischen Resilienz, auf.

Bad Cannstatt ist eines der am dichtesten besiedelten Bezirke Stuttgarts [1, 2, 119]. Aufgrund des hohen Anteils an Siedlungs- und Verkehrsfläche und dem damit einhergehendem Versiegelungsgrades besteht im Bezirk eine starke Hitzebelastung [28]. Bad Cannstatt wird als klimatisch und lufthygienisch kritisches Areal eingestuft [28]. Die dadurch entstehenden Potenziale zur Entsiegelung und Begrünung, Flexibilisierung, Verkehrsverlagerung und Etablierung innovativer Geschäftsmodelle können zur Erhöhung der Aufenthalts- und Lebensqualität sowie der Erreichung der lokalen Klimaschutzziele beitragen.

## 9.2 Maßnahmenbündel für klimaneutrale Städte

Basierend auf der Szenariostudie, der Status-quo-Analyse des Bezirkes und der Ziele lokaler Stakeholder wurden vier Maßnahmenbündel mit jeweils zwei bis sechs Einzelmaßnahmen konzipiert (Abb. 11).

Fahrzeug-Elektrifizierung	1	PIA Innovationen & Akzeptanz	Prozess-Innovationen & Akzeptanz	BGM1 Co-Creation/ Kommunikation	BGM2 Soft-Nudging	BGM3 Digital Twin	BGM4 fördernde Rahmenbedingungen	BGM5 Vision Zero: Verkehrssicherheit	
	2	SAR	Schaffung attraktiver innerstädtischer Mobilitätsräume	SAR1 Tactical Urbanism für aktive Mobilität	SAR2 Dynamic Roadspace	SAR3 Reallocation of Public Space	SAR4 Dynamic Smart Parking System	SAR5 Aufgestelltes Makro-Schnellradnetz	SAR6 Superblock-prinzip
	3	SAA	Schaffung attraktiver innerstädtischer Mobilitätsalternativen	SAA1 Autonome Bus-Anbindung Krankenhaus BC	SAA2 Dynamische Regulierung von S-Pedelecs	SAA3 Mobility Hubs	SAA4 Dynamische Busfahrspuren		
	4	NGW	Nachhaltige Gestaltung des Wirtschaftsverkehrs	NGW1 Öffentliches E-Schnelllade-Hub	NGW2 Micro-Hubs				

Abbildung 11: Übersicht der Maßnahmenbündel der FOMOS Machbarkeitsstudie inkl. Einzelmaßnahmen, Quelle: Eigendarstellung, Fraunhofer IAO

Mit der Bündelung der Maßnahmen können die individuellen Wirkungspotenziale gestärkt werden. Durch die Fokussierung auf eine modulare Konzipierung (vgl. Szenario Retrofit.city) soll eine bedarfsgerechte und flexible Auslegung für den lokalen Kontext ermöglicht werden. Begleitend wird der Aspekt der Fahrzeug-Elektrifizierung in allen Bündeln als Querschnittsthema integriert, da dieser in allen drei Szenarien der Studie zu den Schlüsselkriterien (vgl. z.B. Szenario Elektri.city) zählt. In einer Autostadt wie Stuttgart spielt die Elektrifizierung des Fahrzeugbestands für die Erreichung der lokalen Klimaschutzziele bis zum Jahr 2035 eine wesentliche Rolle. Laut des Net-Zero Stuttgart Abschlussberichtes können 70% der Verkehrsemissionen durch Elektrifizierung bzw. Dekarbonisierung eingespart werden, wenn ab 2026 bei Neuanschaffungen ausschließlich E-PKWs bzw. E- oder Wasserstoffangetriebene Busse und ab 2029 nur noch Wasserstoff-/E-LKWS angeschafft werden [83].

In den folgenden Abschnitten werden die identifizierten Maßnahmenbündel beschrieben:

### 9.2.1 Prozess-Innovationen und Akzeptanz

Um die nationalen und kommunalen Klimaschutzziele erreichen zu können, sind regulatorische Rahmenbedingungen (BGM4) erforderlich, die die Planung, eine schnelle Umsetzung und Erprobung von zeitlich begrenzten, aber auch langfristigen Maßnahmen ermöglichen. Bereits in Planungsprozessen werden Partizipationsformate benötigt (BGM1), die die bedarfsgerechte und innovative Produkt- und Prozessentwicklung durch die Einbindung lokaler Stakeholder ermöglichen. Auf diese Art und Weise können Potenziale und Herausforderungen vor Ort identifiziert werden, aber auch Informations- und Verständnisdefizite diverser Akteursgruppen beseitigt werden. Besonders im Rahmen beschleunigter Umsetzungen können so u.a. Interessenskonflikte adressiert, aber auch mehr Inklusion, Konsens und Wirkung erzeugt werden. [52, 72]

Ein weiteres unterstützendes Element sind Maßnahmenmodellierungen und Simulationen (BGM3). Durch die Verwendung von Digital Twins und Virtual Reality- Applikationen können Vorurteile, Wissensdefizite und Ängste gemindert werden. Die Akzeptanz für Neues wird gestärkt und Diffusionshürden bei Innovationen können abgebaut werden. Gerade im Kontext von Innovationen im Bereich der Mobilität, wie beispielsweise autonomes Fahren, können durch die Nutzung solcher Applikationen Diffusionshürden überwunden werden. Nur wenn sich Innovationen etablieren und Praktiken verändern, können langfristige und nachhaltige Veränderungen im urbanen Raum erreicht werden. [48, 77, 86]

Die Sicherheit der Mobilitätsmaßnahmen (BGM5) und Einführung von Sicherheitsvorkehrungen ist zur Erreichung der internationalen *Vision Zero* (keine Verkehrstoten, keine Schwerverletzten durch Verkehrsunfälle) [4] von Bedeutung. Das Ziel ist es bis 2030 das Aufkommen tödlichen Unfälle um 60% zu verringern [4]. Zudem kann durch ein gesteigertes Sicherheitsgefühl die Akzeptanz neuartiger oder aktiverer Mobilitätskonzepte gefördert werden [41, 82, 84, 86, 88, 90, 99, 109]. Damit einhergehend können Kommunikationskampagnen (BGM1) zur Minderung von Akzeptanz-Hürden und zur schnelleren Verbreitung neuer Verhaltensweisen beitragen [48, 68, 86]. Besonders für die beschleunigte Verbreitung neuer Mobilitätsmodelle sind Zielgruppen-spezifische Kampagnen, digitale Applikationen, lokale Anlaufstellen und interaktive Formate förderlich, um eine breite gesellschaftliche Akzeptanz und Sensibilisierung für Nachhaltigkeitsinnovationen zu ermöglichen und Ängste abzubauen [48, 68, 86].

Zusätzlich können Anreizsysteme und -konzepte (BGM2) dazu motivieren kurzfristige Verhaltensänderungen herbeizuführen, Nutzerinnen und Nutzer aufzuklären und somit langfristig zur Veränderung sozialer Praktiken und des Mobilitätsverhalten beizutragen. Verhaltensänderungen können u.a. durch die Belohnung von nachhaltigem Verhalten und Entscheidungen begünstigt werden. [15]

### 9.2.2 Schaffung attraktiver innerstädtischer Mobilitätsräume

Für die Gestaltung lebenswerter, resilienter und klimaneutraler Städte werden neue, innovative und attraktive Mobilitäts- und Aufenthaltsräume benötigt. Erforderlich sind Strategien zur Adaption und Mitigation von Klimawandelfolgen, zur Schaffung inklusiver Begegnungs- und Bewegungsorte und zum Ausbau der Infrastruktur für alternative bzw. aktive Mobilität [9, 17, 79, 80, 100]. Dies wird unter anderem durch die Umverteilung und -gestaltung von öffentlichen Flächen und Räumen erreicht [80] (vgl. Szenario Dezentralisation, SAR3). Ein attraktiver und inklusiver öffentlicher Raum sowie Grünflächen sind wichtige Teile der urbanen Infrastruktur zur Förderung der Interaktion, Toleranz,

Partizipation und Gerechtigkeit innerhalb der Gesellschaft [79]. Öffentliche Räume bieten kostenfreie und frei zugängliche Orte für kulturell, sozial, und sportlich motivierte Aktivitäten und Begegnungen sowie Raum für verschiedene Fortbewegungsmöglichkeiten [79].

Die Stärkung der grünen und blauen Infrastruktur unterstützt wichtige Ökosystemleistungen und spielt eine ausschlaggebende Rolle, um beispielsweise das Mikroklima in den Städten zu regulieren, sowie die Aufenthaltsqualität und Resilienz zu erhöhen [17] (SAR3, SAR6). Sowohl die Ökosystemleistungen als auch das Mikroklima stehen in Wechselwirkungen mit der Nutzung aktiver Mobilitätsformen und der Gesundheit der Stadtbevölkerung: Eine hohe Luftbelastung hat beispielsweise negative Effekte auf die Gesundheit der Verkehrsteilnehmenden der aktiven Mobilität [46]. Darüber hinaus unterstützt die Pflanzung von Bäumen (u.a. an Straßen) zum einen die Luftqualität, durch die Speicherung von CO<sub>2</sub> und Luftfilterung, sowie zum anderen die Reduktion des Wärme-Insel-Effektes und Hitzebelastung durch Beschattung und evaporativer Kühlung der Luft [9, 100]. Mithilfe natürlicher Hitze- bzw. Kältereulierung in Siedlungsgebieten können zudem potenziell Energiekosten eingespart werden [9]. Des Weiteren fördern Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen den Fluss des natürlichen Wasserkreislaufes und reduzieren somit den Oberflächenabfluss, Dürrefolgen, Gefahren bei Überschwemmungen und Erosionen [11]. Besonders in Städten die, wie Stuttgart, mit hohen Feinstaub-Belastungen konfrontiert sind [10], spielt die natürliche Regulierung des Mikroklimas sowie die Aktivierung von Ökosystemleistungen eine wichtige Rolle [9, 100].

Der Ausbau der Infrastruktur für den Fahrrad- und Fußgängerkehr (SAR1, SAR2, SAR5) weist ein sehr hohes Verlagerungspotenzial auf. Hierfür werden jedoch neue und sichere Fahrradwege benötigt. In Städten bzw. Stadtteilen mit wenig Fahrradverkehr, hat der Ausbau und die sichere Gestaltung der Fahrradinfrastruktur das Potenzial den Anteil der Fahrradfahrenden mehr als zu verdreifachen [99].

Eine weitere Herausforderung bei der Schaffung attraktiver innerstädtischer Räume stellen Nutzungskonflikte zwischen verschiedenen Mobilitätsformen dar. Diese sind v.a. auf Platzmangel, Infrastrukturlücken, Gesetzeslage und Informationsdefizite zurückzuführen. Mithilfe der Verlagerung und Entzerrung des Verkehrs (SAR2, SAR5), bei gleichzeitiger Umverteilung von Flächen (SAR3, SAR6), können diese Nutzungskonflikte aufgelockert werden. Formen der aktiven Mobilität sind beispielsweise im Vergleich zu dem MIV platzsparender, sowohl in Bezug auf den Parkraum als auch den Verkehr. [63, 80, 108]

### 9.2.3 Schaffung attraktiver innerstädtischer Mobilitätsalternativen

Damit die Nutzungspotenziale nachhaltiger Mobilitätsangebote, ausgeschöpft werden können, müssen attraktive, intermodale und einfach zugängliche Mobilitätsalternativen angeboten werden (vgl. Szenario Dezentralisation und Retrofit.city). Dadurch können mittelfristig Abhängigkeiten und Barrieren reduziert, sowie langfristig die innerstädtische nachhaltige Mobilität gefördert werden. [80]

Zur Erhöhung der ÖPNV-Nachfrage und Nutzung ist eine Ausweitung und Verbesserung des Angebotes notwendig. Dazu gehören auf der einen Seite ein bedarfsorientierte/r Netzverlauf und Fahrzeugtaktung sowie eine erhöhte Zuverlässigkeit der Verkehrsmittel (SAA 4). Auf der anderen Seite bedarf es einer verbesserten physischen und gesellschaftlichen Zugänglichkeit und Barrierefreiheit (SAA1), beispielsweise durch die Einführung fairer Preise, finanzieller Förderungen, einem einfachem Informationszugang sowie flexibler und barrierefreier Nutzungsmöglichkeiten. [132]

In Kombination mit der Attraktivitätssteigerung der öffentlichen Verkehrsmittel ist die Förderung der Sharing-Angebote wichtig, um Mobilitätsangebote flexibel, komfortabel,

fair und inter-/multimodal zu gestalten [12, 78] (SAA3). Dies ermöglicht mehr Personengruppen Zugang zu vielfältigen und flexiblen Mobilitätsformen [13]. Zudem können Sharing-Angebote zur Schließung von Infrastrukturlücken beitragen und zeitliche und potenziell finanzielle Vorteile mit sich bringen [12, 78].

-----  
Ausblick auf Folgeprojekt:  
Machbarkeitsstudie für nationales  
Reallabor  
-----

In Kombination mit der Gestaltung einer sicheren und adäquaten Fahrradinfrastruktur können Sharing-Angebote die Nutzung der aktiven Mobilität mehr als verdreifachen [99]. Die Verkehrsverlagerung auf aktive Mobilitätsformen und öffentliche Verkehrsmittel weisen große CO<sub>2</sub> Einsparpotenziale auf [24]. Wird beispielsweise von 10% der Bevölkerung eine Autofahrt pro Tag durch eine Fahrt mit dem Fahrrad ersetzt, liegt das Einsparungspotenzial für diese Szenario bei 10% (0,9 kg CO<sub>2</sub>/Tag pro Person) und bei 3% wenn eine Autofahrt durch eine Fahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln ersetzt wird [24].

#### **9.2.4 Nachhaltige Gestaltung des Wirtschaftsverkehrs**

Ein Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Baden-Württemberg ist auf den Verkehrssektor zurückzuführen [118]. Allein der Straßengüterverkehr war im Jahr 2020 laut des Statistischen Landesamtes für 6,9 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich [118].

Deutschlandweit wurden im Jahre 2022 zudem 4,15 Milliarden Mal KEP-Dienste in Anspruch genommen [3]. In den nächsten 4 Jahren wird ein Zuwachs auf circa 4,9 Milliarden erwartet [3]. Während zunehmend mehr Sendungen in die Städte transportiert werden, verschärfen sich zugleich die Flächenkonflikte, der Arbeitskräftemangel und die Luftbelastung im urbanen Raum [23]. Um diesen Entwicklungen entgegenzuwirken und die Klimaschutzziele erreichen zu können wird zum einen die Elektrifizierung des Wirtschaftsverkehrs (NGW1) (vgl. *Electri.city*) und zum anderen die Umstellung auf alternative Letzte-Meile-Logistikkonzepte (NGW2) vorangetrieben [23, 65] (vgl. *Retrofit.city*).

Die Elektrifizierung des Wirtschaftsverkehrs weist Potenziale auf, um die Luft- und Lärmbelastung in den Städten und allgemein zu reduzieren [131]. In Kombination mit zentralen Letzte-Meile-Konzepten wie Micro-Hubs, kann zudem der Verkehr und Flächenkonflikte entzerrt werden [23, 65, 130]. Micro-Hubs und autonome Lösungen können außerdem dem Personalmangel entgegenwirken und potenziell (motorisierte) Lieferverkehre aus verkehrsberuhigten Arealen wie Fußgängerzonen entfernen [23, 65, 130].

Aufgrund des steigenden Individualisierungsanspruchs und der schweren Erreichbarkeit vieler Empfängerinnen und Empfänger zu den heute üblichen Lieferzeiten für eine synchrone Belieferung, können alternative bzw. autonome Lösungen flexibler auf individuelle Lieferzeiten eingehen, bzw. außerhalb der Verkehrszeiten Pakete an Verteilorte liefern und so zusätzlich den Verkehr entlasten [65].

## 9.3 Wirkungsanalyse

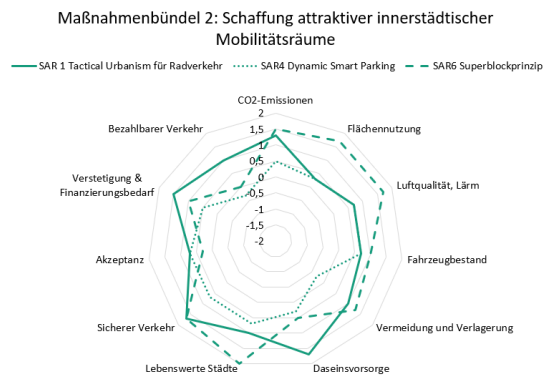


Abbildung 12: Indikatorbasierte Betrachtung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeitswirkung des Maßnahmenbündel 2 (SAR), Quelle: Eigendarstellung Fraunhofer IAO nach den Ergebnissen des Öko-Institut e.V.

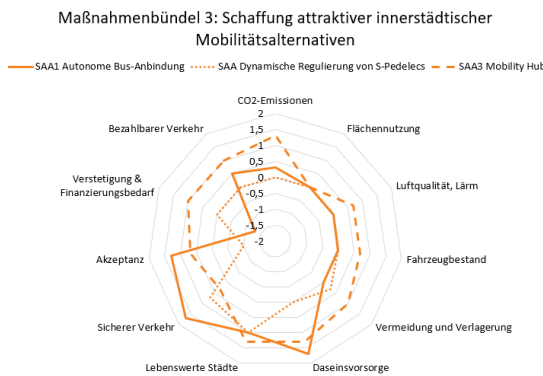


Abbildung 13: Indikatorbasierte Betrachtung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeitswirkung des Maßnahmenbündel 3 (SAA); Quelle: Eigendarstellung Fraunhofer IAO nach den Ergebnissen des Öko-Institut e.V.

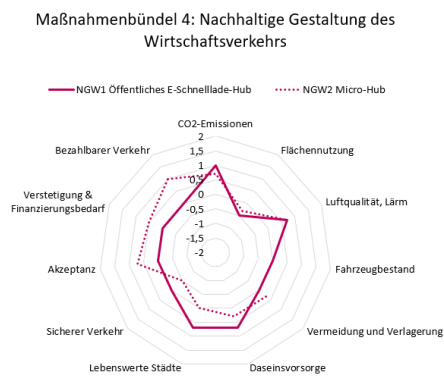


Abbildung 14: Indikatorbasierte Betrachtung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeitswirkung des Maßnahmenbündel 4 (NGW); Quelle: Eigendarstellung Fraunhofer IAO nach den Ergebnissen des Öko-Institut e.V.

Im Rahmen der Wirkungsanalyse des Öko-Institut e.V., wurden die Bündel 2-4 nach den ökologischen Indikatoren *CO<sub>2</sub>-Emissionen* (*Gesamtkonzept in Stuttgart*), *Flächennutzung*, *Luftqualität und Lärm*, *Fahrzeugbestand*, *Vermeidung und Verlagerung*, den sozialen Indikatoren *Daseinsvorsorge*, *Lebenswerte Städte*, *Sicherer Verkehr*, *Akzeptanz*, sowie den ökonomischen Indikatoren *Verstärkung und Finanzierungsbedarf* und *Bezahlbarer Verkehr* bewertet. Die Einstufung erfolgte auf einer Skala von 2 (stark positive Wirkung) bis -2 (stark negative Wirkung) (Abb. 13-15). So wurden Rückschlüsse auf die Nachhaltigkeitswirkung der einzelnen Maßnahmen und der Maßnahmenbündel getroffen. Das Maßnahmenbündel 1 wurde nicht bewertet, da diese als Querschnittsthemen in alle Maßnahmenbündel einfließen.

Alle Maßnahmen des Clusters SAR (Schaffung attraktiver innerstädtischer Mobilitätsräume) weisen fast durchgängig positive Nachhaltigkeitswirkungen in allen drei Dimensionen auf (Abb. 13).

Die Maßnahmen der Cluster SAA (Schaffung attraktiver innerstädtischer Mobilitätsalternativen) und NGW (Nachhaltige Gestaltung des Wirtschaftsverkehrs) weisen eine tendenziell positive Nachhaltigkeitswirkung in allen drei Dimensionen auf, die aber geringer als im Cluster SAR ausfällt (Abb. 14 und 15).

Die diskutierten Maßnahmen zielen auf eine ökologisch vorteilhafte Verkehrsverlagerung ab. Die dargestellten Maßnahmen sollten angesichts der hohen Bedeutung der Elektromobilität für die Erreichung der Klimaschutzziele (vgl. Kapitel 9.2) noch stärker hinsichtlich ihrer Potenziale zum beschleunigen Markthochlauf von E-Fahrzeugen weiterentwickelt werden.

Besonders Maßnahmen zur Umgestaltung des öffentlichen Raums und zur Förderung der Fahrradinfrastruktur können eingebettet in ein Gesamtkonzept



zum Klimaziel relevant beitragen und gleichzeitig auch Zielen der sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeit gerecht werden.

-----  
Ausblick auf Folgeprojekt:  
Machbarkeitsstudie für nationales  
Reallabor  
-----

Die Ergebnisse der Wirkungsanalyse zeigten Überschneidungspunkte mit den in der Szenariostudie identifizierten Erfolgsfaktoren aus Kapitel 8 und es konnten die folgenden ergänzenden Erfolgsfaktoren abgeleitet werden:

- **Erfolgsfaktor 10: Maßnahmen haben insbesondere in Kombination positive CO<sub>2</sub>-Effekte.**  
Eine Abkehr von vereinzelt, räumlich getrennten »Insellösungen« hin zu Maßnahmenbündeln ist für eine nachhaltige Entwicklung erforderlich. Ineinander-greifende und sich ergänzende Maßnahmen zur Förderung attraktiver Angebote, ermöglichen durch ihre kombinierten Wirkungsdynamiken positive Effekte in Hinblick auf Nachhaltigkeitsziele.
- **Erfolgsfaktor 11: Prozess-Innovationen und gesellschaftliche Akzeptanz in der Breite sind essenziell**  
Mithilfe von co-kreativen Formaten, digitalen Modellierungen (bspw. Digital Twins) und Kommunikationswerkzeugen können Informations- und Verständnisdefiziten entgegengewirkt und die soziale Inklusion und der gesellschaftliche Konsens gestärkt werden.
- **Erfolgsfaktor 12: Stärkung kommunaler ordnungsrechtlicher Instrumente**  
Im Fokus steht dabei die flexiblere Nutzung urbaner Räume wie beispielsweise bei einem dynamischen Curbside Management. Darüber unterstützen Experimentier- und Transformationsräume, die Erprobung und Diffusion innovativer Geschäftsmodelle.
- **Erfolgsfaktor 13: Verlagerung von Geschäftsmodellen hin zu neuen on-demand bzw. datenbasierten Mobilitätsangeboten**  
Auf Basis von Private-Public-Partnerships wie z.B. mittels *Housing Improvement Districts* (HID) können durch gemeinsame Koordinationen neue und sichtbare Formen der Wertschöpfung etabliert werden. HID's wirken direkt im Wohnbereich, sind investitionsgetrieben und von kommunalen Planungen unbeeinflusst.
- **Erfolgsfaktor 14: CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele müssen lokal individuell mit Aspekten der Lebensqualität, Verkehrssicherheit, sozialer Gerechtigkeit etc. abgeglichen werden**  
Über die Fokussierung auf Klimaneutralität und CO<sub>2</sub>-Bilanzierungen hinaus ist eine Berücksichtigung von sozialen Mehrwerten und Potenzialen wichtig, besonders um die gesellschaftliche Akzeptanz für Maßnahmen und neue Geschäftsmodelle zu steigern.
- **Erfolgsfaktor 15: Die Entwicklung eines Referenzmodells zur standardisierten Transformation in Quartieren (vgl. industrielle Standards/Schnittstellen zwischen Lösungen und Akteuren) beschleunigt Innovations- und Nachhaltigkeitsübergänge in der urbanen Mobilität**  
Um Erkenntnisse in weitere Städte transferieren, bzw. eine erfolgreiche Skalierung von Lösungen erreichen zu können, sind die Schaffung und Durchsetzung von Standards als Innovationstreiber notwendig.

## Fazit und Ausblick

Die explorative Szenariostudie spiegelt aktuelle Erkenntnisse wider und verstärkt den Handlungsdruck entlang der innovationspolitischen Rahmenbedingungen: Die Zukunft nachhaltiger Mobilität in klimaneutralen Städten wird zum aktuellen Zeitpunkt in Deutschland nicht mit den bestehenden Instrumenten und Strategien erreicht werden. Das bestätigt die Analyse der möglichen Entwicklungspfade in den FOMOS-Szenarien, die deutlich weitreichendere und konsequentere Maßnahmen aufzeigen als die bisherige Klimapolitik für den strategischen Zukunfts- und Handlungsraum bis 2045.

Im Anschluss an die Ergebnisse der zurückliegenden Szenariostudie *mobiles Baden-Württemberg* zu Transformationspfaden der Mobilität [14] auf Landesebene zeigt sich erneut die Dringlichkeit sektorübergreifender Handlungsbedarfe zwischen Infrastrukturfinanzierung, gesellschaftlicher Mitwirkung, regulatorischer Anreize für Innovation, effektivem Marktdesign sowie neuer Infrastrukturpolitik – besonders unter mittlerweile erhöhtem Zeit- und Veränderungsdruck auf kommunaler Ebene in Deutschland. Weitere Aspekte wie eine Beschleunigung von Planungs- und Umsetzungsprozessen für Verkehr- und Stadtstrukturen, Sicherung von Personalkapazitäten (und digitaler Werkzeuge) in Kommunen sowie branchenübergreifende Kooperationen der Mobilitätswirtschaft mit weiteren Schlüsselbranchen werden dabei entscheidend sein für die Zukunft.

Bei den skizzierten Entwicklungspfaden und den notwendigen Handlungsbedarfen für klimaneutrale Mobilitätssysteme lohnt sich die enge Verzahnung mit strategischen Entwicklungsszenarien in der Infrastrukturwirtschaft für die nächsten Jahrzehnte. Mit stark zunehmender Wirtschaftlichkeit und durch politischen Willen (u.a. PV-Pflicht) wird Eigenstromproduktion und -speicherung bei allen Kundensegmenten eine wichtige Rolle spielen und neue Möglichkeiten für die Integration anderer Elemente (z.B. E-Mobilität) in die Eigenenergiebewirtschaftung bieten.

Aus der begleitenden Maßnahmenbilanzierung geht hervor, dass signifikante Nachhaltigkeitswirkungen nur durch die gezielte Kombination von Einzelmaßnahmen erreicht werden können. Um Wirkungspotenziale voll ausschöpfen zu können ist eine Abkehr von vereinzelt, räumlich getrennten »Insellösungen« im Mobilitätsbereich erforderlich. Hohe Effekte (z.B. positive CO<sub>2</sub>-Effekte) und eine gesellschaftliche Akzeptanz werden erzielt, wenn Maßnahmen großflächig umgesetzt und bedarfsorientiert kombiniert werden. So sollte eine veränderte Nutzung des öffentlichen Raums und Einschränkungen für den motorisierten Individualverkehr mit dem Angebot von attraktiven Mobilitätsalternativen einhergehen.

1. (2022) Statistikatlas Stuttgart. <https://statistik.stuttgart.de/statistiken/statistikatlas/atlas/atlas.html?indikator=i0&select=00>. Zugegriffen: 23. August 2023
2. (2023) Aktuelle Einwohnerzahlen nach Stadtbezirken und Stadtteilen. Fortgeschriebene Einwohnerzahlen in Stuttgart 2023 nach Geschlecht, Staatsangehörigkeit, Veränderungen zum Monat des Vorjahres und Stadtteilen. [https://www.dominio1.stuttgart.de/web/komunis/komunissde.nsf/715a84c741dea0de412565f3003c484d/f5dc625137caea0dc125895200285de2/\\$FILE/c8001.XLSX](https://www.dominio1.stuttgart.de/web/komunis/komunissde.nsf/715a84c741dea0de412565f3003c484d/f5dc625137caea0dc125895200285de2/$FILE/c8001.XLSX). Zugegriffen: 22. August 2023
3. (2023) KEP-Studie 2023 – Analyse des Marktes in Deutschland. Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK). <https://www.biek.de/kep-branche/zahlen-und-fakten.html>. Zugegriffen: 06. November 2023
4. (2023) VISION ZERO. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/team-vision-zero/vision-zero>. Zugegriffen: 26. Juni 2024
5. (2023) Zukunftsstrategie Forschung und Innovation. Innovationsstandort Deutschland mit neuen Lösungen stärken. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/forschung/zukunftsstrategie-forschung-innovation-2163454#tar-1>
6. (2024) Innovationsplattform Zukunftsstadt. <https://www.fona.de/de/themen/zukunftsstadt.php>
7. ADAC (2020) Dauerthema Parken: Kommunen müssen mehr Verantwortung übernehmen! <https://www.adac.de/der-adac/regionalclubs/nrw/nrw-kolumne-parken/>. Zugegriffen: 24. Mai 2023
8. Agora Verkehrswende (2018) Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030
9. Amini Parsa V, Salehi E, Yavari AR, van Bodegom PM (2019) Evaluating the potential contribution of urban ecosystem service to climate change mitigation. *Urban Ecosyst* 22(5):989–1006. doi:10.1007/s11252-019-00870-w
10. Amt für Umweltschutz (o. J.) Die Luft in Stuttgart. [https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?luft\\_luftinstuttgart](https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?luft_luftinstuttgart). Zugegriffen: 06. Februar 2024
11. Armson D, Stringer P, Ennos AR (2013) The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. *Urban Forestry & Urban Greening* 12(3):282–286. doi:10.1016/j.ufug.2013.04.001
12. Arnold T, Frost M, Timmis A, Dale S, Ison S (2023) Mobility Hubs: Review and Future Research Direction. *Transportation Research Record* 2677(2):858–868. doi:10.1177/03611981221108977
13. Aydin N, Seker S, Özkan B (2022) Planning Location of Mobility Hub for Sustainable Urban Mobility. *Sustainable Cities and Society* 81:103843. doi:10.1016/j.scs.2022.103843
14. Baden-Württemberg Stiftung (2017) Mobiles Baden-Württemberg. Wege der Transformation zu einer nachhaltigen Mobilität
15. Barreto L, Amaral A, Pereira T, Paiva S (2022) A Review of Use Cases of Gamification in Mobility Systems and Services. In: Nathanail EG, Gavanis N, Adamos G (Hrsg) *Smart Energy for Smart Transport : Proceedings of the 6th Conference on Sustainable Urban Mobility, CSUM2022, August 31-September 2, 2022, Skiathos Island, Greece*. Springer, Cham, S 335–347

16. Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (o.J.) Allianz „Mobile Zukunft München“ gegründet. <https://www.stmb.bayern.de/med/aktuell/archiv/2022/221109mzm/>. Zugegriffen: 24. Mai 2023
17. Bayulken B, Huisingh D, Fisher PM (2021) How are nature based solutions helping in the greening of cities in the context of crises such as climate change and pandemics? A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production* 288:125569. doi:10.1016/j.jclepro.2020.125569
18. Beckmann KJ, Blumthaler W, Holzapfel H, Zebuhr Y (2022) Ankommen statt unterwegs sein – Raum und Mobilität zusammen denken. Projekt Integrierte Stadtentwicklung und Mobilitätsplanung
19. Berger ES, Kuckertz A (2016) Female entrepreneurship in startup ecosystems worldwide. *Journal of Business Research* 69(11):5163–5168. doi:10.1016/j.jbusres.2016.04.098
20. Boretti A, Castelletto S (2022) Opportunities of renewable energy supply to NEOM city. *Renewable Energy Focus* 40:67–81. doi:10.1016/j.ref.2022.01.002
21. Börjeson L, Höjer M, Dreborg K-H, Ekvall T, Finnveden G (2006) Scenario types and techniques: Towards a user’s guide. *Futures* 38(7):723–739. doi:10.1016/j.futures.2005.12.002
22. Borrás S, Edquist C (2013) The choice of innovation policy instruments. *Technological Forecasting and Social Change* 80(8):1513–1522. doi:10.1016/j.techfore.2013.03.002
23. Boysen N, Fedtke S, Schwerdfeger S (2021) Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective. *OR Spectrum* 43(1):1–58. doi:10.1007/s00291-020-00607-8
24. Brand C, Dons E, Anaya-Boig E, Avila-Palencia I, Clark A, Nazelle A de, Gascon M, Gaupp-Berghausen M, Gerike R, Götschi T, Iacorossi F, Kahlmeier S, Laeremans M, Nieuwenhuijsen MJ, Pablo Orjuela J, Racioppi F, Raser E, Rojas-Rueda D, Standaert A, Stigell E, Sulikova S, Wegener S, Int Panis L (2021) The climate change mitigation effects of daily active travel in cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 93:102764. doi:10.1016/j.trd.2021.102764
25. Braun S, Schatzinger S, Schaufler C, Rutka C-M, Fanderl N (2019) Autonomes Fahren im Kontext der Stadt von morgen [AFKOS]
26. BRYCKE (o.J.) Connecting People, Business & Ideas. <https://brycke-stuttgart.de/>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
27. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, IG Metall (2022) Szenarien für den Mobilitätssektor 2030
28. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (o. J.) Stadtplan - GEOLine.flex. <https://maps.stuttgart.de/stadtplan/#>. Zugegriffen: 12. Januar 2024
29. Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022) Bekanntmachung zur Förderung von Projekten innerhalb der European Partnership Driving Urban Transitions im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms, der Strategie „Forschung für Nachhaltigkeit“ und der Forschungsagenda „Nachhaltige urbane Mobilität“. <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2022/09/2022-09-28-Bekanntmachung-FONA.html>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
30. Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022) DATI: Deutsche Agentur für Transfer und Innovation. [https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/dati/deutsche-agentur-fuer-transfer-und-innovation\\_node.html](https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/dati/deutsche-agentur-fuer-transfer-und-innovation_node.html). Zugegriffen: 23. Mai 2023
31. Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022) Elektromobilität mit Batterie. Förderrichtlinie Elektromobilität.

- <https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Mobilitaet/Elektromobilitaet/Elektromobilitaet-mit-batterie/elektromobilitaet-mit-batterie.html>. Zugegriffen: 30. Mai 2023
32. Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2023) mFUND – Unsere Förderung für die Mobilität der Zukunft. <https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Digitales/mFund/Ueberblick/ueberblick.html>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
  33. Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2023) Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. <https://bmdv.bund.de/Shared-Docs/DE/Artikel/G/foerderrichtlinie-ladeinfrastruktur-elektrofahrzeuge.html>. Zugegriffen: 24. Mai 2023
  34. Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2023) Verkehr in Zahlen 2023/2024, Flensburg
  35. Bundesministerium für Justiz (1971) Gesetz über Finanzhilfen des Bundes zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse der Gemeinden. Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz - GVFG
  36. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (o.J.) Förderprogramme. <https://www.existenzgruender.de/DE/Gruendung-vorbereiten/Finanzierung/Foerderprogramme/inhalt.html>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
  37. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022) Reallabore – Testräume für Innovation und Regulierung. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
  38. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022) Reallabore – Testräume für Innovation und Regulierung. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
  39. Bundgaard L, Borrás S (2021) City-wide scale-up of smart city pilot projects: Governance conditions. *Technological Forecasting and Social Change* 172:121014. doi:10.1016/j.techfore.2021.121014
  40. Burchardt DJ, Franke K, Herhold DP, Hohaus M, Humpert H, Päivärinta J, Richenhagen DE, Ritter DD, Schöneberger S, Schröder J, Strobl S, tries C, Türpitz DA (2021) Klimapfade 2.0. Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft
  41. Cai Q, Abdel-Aty M, Castro S (2021) Explore effects of bicycle facilities and exposure on bicycle safety at intersections. *International Journal of Sustainable Transportation* 15(8):592–603. doi:10.1080/15568318.2020.1772415
  42. Choudhury P, Foroughi C, Larson B (2021) Work-from-anywhere : The productivity effects of geographic flexibility. *Strategic Management Journal* 42(4):655–683. doi:10.1002/smj.3251
  43. CityTransit Data (o.J.) Discover how Stockholm organizes its public transport. Zugegriffen: 24. Mai 2023
  44. CIVITAS (o.J.) Home. <https://handshakecycling.eu/>. Zugegriffen: 24. Mai 2023
  45. Cuhls K, Edler J, Koschatzky K (2019) Sprunginnovationen: Konzeptionelle Grundlagen und Folgerungen für die Förderung in Deutschland. Kurzstudie
  46. Damian Chandia-Poblete, Thomas Cole-Hunter, Melissa Haswell, Kristiann C. Heesch (2022) The influence of air pollution exposure on the short- and long-term health benefits associated with active mobility: A systematic review. *Science of The Total Environment* 850:157978. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.157978
  47. Das Kraftfahrt-Bundesamt (2023) Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2023. Pressemitteilung Nr. 08/2023. 2023.

- [https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Fahrzeugbestand/2023/pm08\\_fz\\_bestand\\_pm\\_komplett.html](https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Fahrzeugbestand/2023/pm08_fz_bestand_pm_komplett.html). Zugegriffen: 24. Mai 2023
48. Dembski F, Wössner U, Letzgus M, Ruddat M, Yamu C (2020) Urban Digital Twins for Smart Cities and Citizens: The Case Study of Herrenberg, Germany. *Sustainability* 12(6):2307. doi:10.3390/su12062307
  49. Di Marino M, Tomaz E, Henriques C, Chavoshi SH (2023) The 15-minute city concept and new working spaces: a planning perspective from Oslo and Lisbon. *European Planning Studies* 31(3):598–620. doi:10.1080/09654313.2022.2082837
  50. DLR Verkehr (2020) RealLabHH: Hamburg erprobt die digitale Mobilität von Morgen. <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/reallabhh>. Zugegriffen: 24. Mai 2023
  51. DLR Verkehr (2022) Koordinierung der Testfelder Autonome Mobilität in Deutschland. <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/koordinierung-der-testfelder-autonome-mobilitaet-deutschland>. Zugegriffen: 24. Mai 2023
  52. Ebbesson E (2022) Towards a co-creation framework based on citizens' dreams of future mobility. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 16:100686. doi:10.1016/j.trip.2022.100686
  53. e-mobil BW GmbH (2023) Strategiedialog Automobilwirtschaft. <https://sda.e-mobilbw.de/>. Zugegriffen: 30. Mai 2023
  54. European Commission (o.J.) Innovation procurement. [https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/public-procurement/strategic-procurement/innovation-procurement\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/public-procurement/strategic-procurement/innovation-procurement_en). Zugegriffen: 24. Mai 2023
  55. European Commission (2021) EU Mission: Climate-Neutral and Smart Cities. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/climate-neutral-and-smart-cities\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/climate-neutral-and-smart-cities_en). Zugegriffen: 23. Mai 2023
  56. European Commission (2022) Startup Europe. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/node/40>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
  57. European Commission (2023) Creating smart cities together | Smart Cities Marketplace. <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
  58. European Parliament (2022) Innovation policy. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/67/innovation-policy>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
  59. Eurostat (2021) Eurostat regional yearbook. 2021 edition
  60. FONA Forschung für Nachhaltigkeit (2022) Bekanntmachung zur Förderung von Projekten innerhalb der European Partnership Driving Urban Transitions im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms, der Strategie „Forschung für Nachhaltigkeit“. <https://www.fona.de/de/projektfoerderung-european-partnership-driving-urban-transitions>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
  61. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (o.J.) Zwei Szenarien für den Straßenraum 2030. <https://www.morgenstadt.de/de/projekte/smart-city/strasse-der-zukunft/strassenraum-2030.html>. Zugegriffen: 30. Mai 2023
  62. Future Mobility Center (o.J.) SLAM. <https://www.futuremobilitycenter.de/de/forschung/%C3%B6ffentliche-projekte/slam.html>. Zugegriffen: 24. Mai 2023
  63. Gahle A-K (2022) Nutzungskonflikte um öffentlichen Raum im Umfeld des digitalen Parkraummanagements. In: Proff H (Hrsg) *Transforming Mobility - what next? Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte*. Springer Gabler, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S 781–795

64. Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft Mittlerer Versiegelungsgrad der größten Städte in Deutschland (Stand: 2023) [Graph] Statista. Statista GmbH. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1419122/umfrage/versiegelungsgrad-der-groessten-staedte-in-deutschland/>. Zugegriffen: 16. November 2023
65. Glock K, Krebs C, Hess A, Amberg B, Winter M, Schönung F, Meyer A (2022) Autonome letzte Meile im Reallabor: Konzepte, Bewertung, Erprobung. In: Proff H (Hrsg) Transforming Mobility - what next? Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Springer Gabler, Springer Fachmedien Wiesbaden, S 541–562
66. Grunwald A (2009) Wovon ist die Zukunftsforschung eine Wissenschaft? Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung. Springer, Berlin, Heidelberg, S 25–35
67. Hansmeier H, Koschatzky K (2021) Gesellschaftliche Herausforderungen durch Sprunginnovationen bewältigen. Bertelsmann Stiftung
68. Haufe N, Millonig A, Markvica K (2016) Developing Encouragement Strategies For Active Mobility. Transportation Research Procedia 19:49–57. doi:10.1016/j.trpro.2016.12.067
69. Heinrich Böll Stiftung (o.J.) Sofortprogramm Saubere Luft 2017-2020. Kommunal-Wiki. [https://kommunalwiki.boell.de/index.php/Sofortprogramm\\_Saubere\\_Luft\\_2017-2020](https://kommunalwiki.boell.de/index.php/Sofortprogramm_Saubere_Luft_2017-2020). Zugegriffen: 24. Mai 2023
70. Helsingin kaupunki (o.J.) Road traffic accident deaths in Helsinki in 1960–2019. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/uutiset/2020/liikenneonnettomuudet-kuolleet-1960-2019-EN.pdf>. Zugegriffen: 30. Mai 2023
71. Hochbahn (2022) Aus dem Labor in die Realität – Abschlussbericht zum Reallabor Hamburg veröffentlicht. Zugegriffen: 23. Mai 2023
72. Horgan D, Dimitrijević B (2019) Frameworks for citizens participation in planning: From conversational to smart tools. Sustainable Cities and Society 48:101550. doi:10.1016/j.scs.2019.101550
73. Joosten H, Bischof R, Follman J, Marx T (2023) Nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung. Urbane Seilbahnen als innovative Mobilitätslösung
74. Karlsruher Institut für Technologie (2015) Partizipation und Innovationsphasen (PartInno): Funktionale Gewinne durch Öffentlichkeitsbeteiligung in differenten Phasen der Innovationsentwicklung. Projekt. [https://www.itas.kit.edu/projekte\\_henn15\\_partinno.php](https://www.itas.kit.edu/projekte_henn15_partinno.php). Zugegriffen: 23. Mai 2023
75. Klauser W, Spix S (2014) Modellregionen Elektromobilität. Von Vernetzung keine Spur. Bauwelt
76. Kosow H, León CD (2014) Die Szenariotechnik als Methode der Experten- und Stakeholdereinbindung. In: Niederberger M, Wassermann S (Hrsg) Methoden der Experten- und stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen forschung. Springer VS, Wiesbaden, S 217–242
77. Kropp C (2021) Nachhaltige Innovationen. In: Blättel-Mink B, Schulz-Schaeffer I, Windeler A (Hrsg) Handbuch Innovationsforschung. Sozialwissenschaftliche Perspektiven. Springer VS, Wiesbaden, S 707–724
78. Ku D, Choi M, Lee D, Lee S (2022) The effect of a smart mobility hub based on concepts of metabolism and retrofitting. Journal of Cleaner Production 379:134709. doi:10.1016/j.jclepro.2022.134709
79. Latham A, Layton J (2019) Social infrastructure and the public life of cities: Studying urban sociality and public spaces. Geography Compass 13(7). doi:10.1111/gec3.12444
80. Levin-Keitel M, Allert V, Gödde J, Krasilnikova N (2023) Mobilitätswende in Stadt und Land – Über eine räumliche Perspektive der Transformation zu nachhaltiger



- Mobilität. In: Othengrafen F, Pohlan J, Schmidt-Lauber B, Wehrhahn R (Hrsg) Jahrbuch StadtRegion 2021/2022. Stadt-Land-Relationen. Disziplinäre Spurensuchen, 1. Aufl. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH; Springer VS, Wiesbaden, S 183–203
81. López I, Ortega J, Pardo M (2020) Mobility Infrastructures in Cities and Climate Change: An Analysis Through the Superblocks in Barcelona. *Atmosphere* 11(4):410. doi:10.3390/atmos11040410
  82. Márquez L, Cantillo V, Arellana J (2021) How do the characteristics of bike lanes influence safety perception and the intention to use cycling as a feeder mode to BRT? *Travel Behaviour and Society* 24:205–217. doi:10.1016/j.tbs.2021.04.005
  83. McKinsey and Company, Stadtverwaltung Stuttgart (2022) Net-Zero Stuttgart Abschlussbericht. [https://www.stuttgart.de/leben/umwelt/klima/klimastrategie/klimafahrplan-2035/index.php.media/350627/20221206\\_Net-Zero-Stuttgart-Abschlussbericht.pdf](https://www.stuttgart.de/leben/umwelt/klima/klimastrategie/klimafahrplan-2035/index.php.media/350627/20221206_Net-Zero-Stuttgart-Abschlussbericht.pdf). Zugegriffen: 11. Juni 2024
  84. McNeil N, Monsere CM, Dill J (2015) Influence of Bike Lane Buffer Types on Perceived Comfort and Safety of Bicyclists and Potential Bicyclists. *Transportation Research Record* 2520(1):132–142. doi:10.3141/2520-15
  85. Meyer H (2022) Wie Carsharing in Deutschland boomt. ADAC
  86. Michalik D, Kohl P, Kummert A (2022) Smart cities and innovations: Addressing user acceptance with virtual reality and Digital Twin City. *IET Smart Cities* 4(4):292–307. doi:10.1049/smc2.12042
  87. Mobility Data Space (2023) Dynamic and powerful: the Mobility Data Space and its backers. <https://mobility-dataspace.eu/about-us>. Zugegriffen: 24. Mai 2023
  88. Monsere C, Dill J, McNeil N, Clifton K, Foster N, Goddard T, Berkow M, Gilpin J, Voros K, van Hengel D, Parks J (2014) Lessons from the Green Lanes: Evaluating Protected Bike Lanes in the U.S. Portland State University Library
  89. Moreno C, Allam Z, Chabaud D, Gall C, Pratlong F (2021) Introducing the “15-Minute City”: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. *Smart Cities* 4(1):93–111. doi:10.3390/smartcities4010006
  90. Morrison CN, Thompson J, Kondo MC, Beck B (2019) On-road bicycle lane types, roadway characteristics, and risks for bicycle crashes. *Accid Anal Prev* 123:123–131. doi:10.1016/j.aap.2018.11.017
  91. Müller A (2018) Autos werden immer breiter und länger. Tamedia Espace AG
  92. Munich Urban Colab (o.J.) One Space. Many Minds.Infinite Ideas. <https://www.munich-urban-colab.de/en>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
  93. Müntz J, Schulze C, Waßmuth V, Weinstock F (o. J.) Klimamobilitätsplan (KMP) Stuttgart. AP B: Status – Quo / Potenzialanalyse. PTV Group. [https://www.stuttgart.de/leben/mobilitaet/nachhaltige-mobilitaet/mobilitaets-konzepte/klimamobilitaetsplan.php.media/284648/KMP\\_Stuttgart\\_StatusQuo.pdf](https://www.stuttgart.de/leben/mobilitaet/nachhaltige-mobilitaet/mobilitaets-konzepte/klimamobilitaetsplan.php.media/284648/KMP_Stuttgart_StatusQuo.pdf). Zugegriffen: 16. November 2023
  94. Nakoinz O (2019) Zentralität. Theorie, Methoden und Fallbeispiele zur Analyse zentraler Orte. Berlin studies of the ancient world, Bd 56. Edition Topoi, Berlin
  95. Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (2021) Nationale Plattform Zukunft der Mobilität. Für eine bezahlbare, nachhaltige und klimafreundliche Mobilität. <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/>. Zugegriffen: 30. Mai 2023
  96. Neebe M, Kallenbach T (2019) Status Quo statt Verkehrswende. Narrative urbaner Mobilität in Deutschland. Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS)
  97. Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung (2022) Länderübergreifendes Projekt zur automatisierten und vernetzten Mobilität.



- <https://www.mw.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/land-bergreifendes-projekt-zur-automatisierten-und-vernetzten-mobilitat-214691.html>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
98. Pippel A (2023) Kopenhagen will im historischen Stadtzentrum die Hälfte der Parkplätze abschaffen. NORDISCH.info - Das Online-Magazin für Nordeuropa
  99. Pisoni E, Christidis P, Navajas Cawood E (2022) Active mobility versus motorized transport? User choices and benefits for the society. *Sci Total Environ* 806(Pt 2):150627. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.150627
  100. Poschenrieder W, Rötzer T, Biber P, Uhl E, Dervishi V, Pretzsch H (2022) Sustainable management of urban tree stocks based on multi-criteria scenario modelling. *Urban Forestry & Urban Greening* 74:127666. doi:10.1016/j.ufug.2022.127666
  101. Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021) Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann
  102. Reibnitz U von (1992) Szenario-Technik. Instrumente Für Die Unternehmerische und Persönliche Erfolgsplanung, 2. Aufl. Springer Gabler. in Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden
  103. Reichow HB (1959) Die Autogerechte Stadt: ein Weg aus dem Verkehrs-Chaos. Otto Maier Verlag
  104. Robinson DK, Mazzucato M (2019) The evolution of mission-oriented policies: Exploring changing market creating policies in the US and European space sector. *Research Policy* 48(4):936–948. doi:10.1016/j.respol.2018.10.005
  105. Roetynck A (2021) LEVA-EU orders research into potential of light electric vehicles to fight climate change. LEVA - EU
  106. Rohs M, Flore G, Schubert DM, Schäfer PDPK (2023) Mobilitätskonzepte für einen nachhaltigen Stadtverkehr 2050: Metaanalyse, Maßnahmen und Strategien
  107. Ruess P, Kern M, Schaufler C, Braun S (2020) 2049: Zeitreise Mobilität. VR-gestützte Technologievorausschau und Akzeptanzanalyse zu urbaner Mobilität von übermorgen
  108. Ruhrort L (2023) Streit um den Gemeingebrauch im Verkehrsrecht. Aktuelle Aushandlungsprozesse über die Nutzungsbedingungen öffentlicher Räume. In: Sack D, Straßheim H, Zimmermann K (Hrsg) Renaissance der Verkehrspolitik. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S 211–236
  109. Sauter D, Huettenmoser M (2008) Liveable streets and social inclusion. *Urban Des Int* 13(2):67–79. doi:10.1057/udi.2008.15
  110. Scenario Management International (2019) Die Zukunft der urbanen Mobilität. Szenarien und Perspektiven für die Mobilität von morgen
  111. Schäfer P (2023) Stadt:up soll automatisiertes Fahren in der Stadt entwickeln. springerprofessional.de
  112. Schallaböck DKO, Carpentier R, Fishedick PDM, Ritthoff M, Wilke G (2012) Modellregionen Elektromobilität. Umweltbegleitforschung Elektromobilität
  113. SPRIN-D (o.J.) Lernen Sie SPRIND kennen. <https://www.sprind.org/de/wir/>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
  114. Stadt Ludwigsburg (2023) Projekte Innonetzwerk. o.J. <https://www.ludwigsburg.de/start/wirtschaft+und+innovation/projekte+innonetzwerk.html>. Zugegriffen: 24. Mai 2023
  115. Stadt München (2023) Innovationswettbewerb der Landeshauptstadt München. <https://stadt.muenchen.de/infos/innovationswettbewerb.html>. Zugegriffen: 23. Mai 2023

116. Stadt Stuttgart (o.J.) Stuttgarter Klima-Innovationsfonds. Klima-Aktionsprogramm. <https://www.stuttgart.de/leben/umwelt/klima/klimastrategie/klima-aktionsprogramm/stuttgarter-klima-innovationsfonds/>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
117. Start-up BW (o.J.) Gründen & Unternehmertum Baden-Württemberg. <https://www.startupbw.de/>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
118. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2021) CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr 2020: 14 % unter dem Vorjahresniveau
119. Statistisches Amt Stuttgart (2020) Datenkompass Stadtbezirke Stuttgart. Statistik und Informationsmanagement, Stuttgart
120. The Boring Company (2022) LOOP TODAY, HYPERLOOP TOMORROW. <https://www.boringcompany.com/hyperloop>. Zugegriffen: 23. Mai 2023
121. Tuukka Toivonen, Nicolas Friederici (2015) Time to Define What a “Hub” Really Is. Stanford Social Innovation Review. doi:10.48558/n1bd-8s82
122. Umweltbundesamt (2022) Kompakt wohnen, Flächen sparen, Verkehr vermeiden. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/nachhaltige-mobilitaet/die-stadt-fuer-morgen-die-vision#kompakt>. Zugegriffen: 24. Mai 2023
123. Umweltbundesamt (2023) Siedlungs- und Verkehrsfläche. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrs-flaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke>. Zugegriffen: 24. Mai 2023
124. Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (2021) Constructing Our Future. Planen. Bauen. Leben. Arbeiten. Handlungsempfehlungen des Zukunftsrats der Bayerischen Wirtschaft
125. Verkehrsclub Deutschland (2020) Was kostet uns der Verkehr wirklich?
126. Vrhovac Z, Ruess P, Schaufler C (2021) # ELASTICITY-Experimentelle Innenstädte und öffentliche Räume der Zukunft. Empirische Szenariostudie der Innovationspartnerschaft Innenstadt 2030+. Future Public Space
127. Wagner F, Grunwald A (2019) Reallabore zwischen Beliebtheit und Beliebigkeit: Eine Bestandsaufnahme des transformativen Formats, Bd 28. oekom verlag
128. Wanner M, Hilger A, Westerkowski J, Rose M, Stelzer F, Schöpke N (2018) Towards a Cyclical Concept of Real-World Laboratories. *disP - The Planning Review* 54(2):94–114. doi:10.1080/02513625.2018.1487651
129. Wein M (2019) Urbanes Seilbahnsystem von La Paz. *Revolution am Himmel*. taz.de
130. Witten P, Schmidt C (2019) Globale Trends und die Konsequenzen für die Logistik der letzten Meile. In: Schröder M (Hrsg) *Logistik im Wandel der Zeit - Von der Produktionssteuerung zu vernetzten Supply Chains*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S 303–319
131. Wolff S (2020) Elektromobilität – zentraler Baustein der Verkehrswende. In: Sahling U (Hrsg) *Klimaschutz und Energiewende in Deutschland*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S 1–28
132. Wolking C (2021) Öffentliche Mobilität und neue Mobilitätsdienstleistungen – Rahmenbedingungen und Gestaltungsperspektiven. In: Schwedes O (Hrsg) *ÖFFENTLICHE MOBILITÄT. Voraussetzungen für eine menschengerechte*. VS VERLAG FÜR SOZIALWISSE, [S.I.], S 105–138
133. xoio GmbH (2018) Vision Stuttgart 2036. <https://xoio.de/daimler-mobilitaetsszenario-stuttgart/>. Zugegriffen: 30. Mai 2023
134. XPRIZE (2022) \$100M PRIZE FOR CARBON REMOVAL. <https://www.xprize.org/prizes/carbonremoval>. Zugegriffen: 24. Mai 2023

## 12.1 Dokumentation der Workshops

### Workshop #1 (11.05.22)

Ziel des ersten Workshops war es, den Rahmen für die zukünftige Szenarien-Entwicklung festzulegen. Dazu wurden die Teilnehmenden eingeladen, auf einem digitalen Concept-Board mobilitätsrelevante Einflussfaktoren zur Transformation klimaneutraler Siedlungsräume in Deutschland bis 2045 zu sammeln und zu diskutieren. Diese Faktoren wurden in verschiedene Themen- und Handlungsfelder eingeteilt und nach ihrer Unsicherheit und nach ihrer zeitlichen Relevanz bewertet. Abschließend wurden die Einflussfaktoren geclustert und kombiniert.

### Workshop #2 (12.07.22)

Die Einflussfaktoren wurden im Anschluss an den ersten Workshop mittels einer Wechselwirkungsanalyse und Experteneinschätzung in ausgewählte Schlüsselfaktoren überführt. Diese bildeten die Grundlage für den zweiten Workshop. Je Schlüsselfaktor wurden 3-4 Zukunftsprojektionen als »Fragment« für spätere Rohszenarien gebildet. Dabei wurde jeweils eine Entwicklung bis 2032 und 2045 in den Blick genommen. Die Projektionsbildung unterstützt die Identifikation kausaler Zusammenhänge für eine nachfolgende Rohszenarien-Entwicklung und Konsistenzprüfung.

### Workshop #3 (14.09.22)

Im dritten Workshop wurden drei entwickelte Fokusszenarien gemeinsam mit den Teilnehmenden weiterverfolgt. Dazu gehörte die lokale Interpretation der Szenarien, bei der die Teilnehmenden die Wahrnehmung, Auswirkungen, positiven/ negativen Aspekte und konkreten Ausprägungen betrachteten. Zudem wurden Schlüsselmaßnahmen für die Gegenwart und Zukunft in den Bereichen Politik, Technologie, Soziokultur, Umwelt und Wirtschaft abgeleitet. Abschließend wurden Handlungsoptionen für Kommunen und die Mobilitätswirtschaft erarbeitet, die die Effekte, Chancen und Risiken für verschiedene Akteure (Mobilitätswirtschaft, Gesellschaft, Stadtverwaltung, lokale Wirtschaft, Externe) in Betracht zogen.

### Workshop #4 (25.10.22)

Der Fokus des vierten Workshops lag auf der Priorisierung und Spezifizierung der im Vorfeld erarbeiteten Maßnahmen und Instrumente für die Bewertung der Klimaeffekte. Entsprechend wurden für jedes Szenario ein passendes Maßnahmenbündel identifiziert und bewertet.

### Workshop #5 (06.12.22)

Im letzten Workshop fand eine abschließende Ergebnisdiskussion statt. Dabei wurde die Wirkungsbewertung der Nachhaltigkeitseffekte der einzelnen Szenarien präsentiert und gemeinsam mit den Teilnehmenden besprochen. Anschließend wurden die Nachhaltigkeitsbewertungen der drei ausgewählten Szenarien in einem direkten Vergleich gegenübergestellt und diskutiert. Darüber hinaus wurden zuvor formulierte Thesen und Kernbotschaften der Studie, die in neun Schlüsselmaßnahmen zusammengefasst waren, gemeinsam mit den Teilnehmenden priorisiert.

## 12.2 Liste der Zukunftsprojektionen

Tabelle 28: Schlüsselfaktoren und Projektionen

Schlüsselfaktor	A-D	Projektion
1) Neue Mobilitätsdienste	A	Dezentral & individuell
	B	Individuell & öffentlich
	C	Status Quo
2) MaaS und nahtlose Mobilität	A	Public & Free
	B	Öffentlich-Gebunden
	C	Individual & Free
	D	Individuell-Gebunden
3) Grad der Neuverteilung von öffentlichem Verkehrsraum abseits des PKW	A	5-Minute-City
	B	Bike & Mobility Highways + Logistik-Tube
	C	Democratic autonomous mobility space
	D	Status Quo 2.0
4) Umweltverbund-Förderung	A	Förderung Aktiver Mobilität
	B	Intermodalität (ÖV Dominiert)
	C	Alles Beim Alten
5) Entwicklung Lieferverkehre und urbane Warenversorgung	A	Symbiotische Logistik
	B	AHD-Overload
	C	Regulatory Intervention
	D	Autarke Städte & Quartiere
6) Grad der Nachverdichtung und Vertikalisierung von urbanen Räumen	A	Etwas Verdichtung – Lokal
	B	Starke Verdichtung – Regional
	C	Rückgang Nachverdichtung
	D	Earthscrapers
7) Grad der (klimaverträglichen) Integration autonomer Fahrzeuge	A	Autonomer Standard
	B	Autonome Pilotierung
	C	Autonomer Fail
8) Kooperation & Governance	A	ÖPNV 2.0
	B	Platform Urbanism
	C	P2P Mobility
9) Hochlauf der E-Mobilität	A	Standortfaktor Elektromobilität
	B	Elektromobilität als Element der Daseinsvorsorge
	C	Elektromobilität als Regionale Insellösung
	D	Wirtschaftssektor Elektromobilität
10) Rolle und Relevanz von »Erprobungs- und Erlebnisräumen« für Innovation	A	Top-Down
	B	Bottom-Up
	C	Mix aus Top-Down- & Bottom-Up-Prozessen
11) Alternative Fahrzeugkonzepte (für die Stadt)	A	Modularity
	B	Neue Vielfalt
	C	Bau_Leicht

<i>12) Stadt-Land-Gefälle</i>	A	Der Mobile Divide Hat Fahrt aufgenommen
	B	Autonomes Land
	C	Hoheitsgebietsübergreifende Auskömmlichkeit
<i>13) Handlungs- und Gestaltungsspielräume der kommunalen Ebene in der Transformation</i>	A	Versagen des Öffentlichen Sektors
	B	Funktionierende Multi-Level-Governance
	C	Öffentliche Verwaltung als gemeinwesenbasierte Plattform
	D	Einer Zieht – Der Hegemon auf Augenhöhe
<i>14) Nutzen statt Kaufen</i>	A	Ausbau P2p-Angebote
	B	Kommerzielle Angebote
	C	Mix aus Kommerziellen und P2p-Angeboten
<i>15) Infrastrukturpolitik (System of Systems, Sektorkopplung &amp; »Verteilkämpfe«)</i>	A	Zelluläre Infrastrukturpolitik
	B	Land überholt Stadt
	C	Zentralisierte Infrastrukturpolitik
	D	Den Mangel verwalten

-----  
Annex  
-----

## 12.3 Machbarkeitsstudie – Ergebnisse der Wirkungsanalyse

Tabelle 29: Erläuterung der berücksichtigten Nachhaltigkeitsindikatoren als Grundlage für die Maßnahmenbewertung

Indikator	Erläuterung
<b>Ökologie</b>	
CO <sub>2</sub> -Emissionen	verkehrsbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen
Maßnahme alleinstehend	CO <sub>2</sub> -Emissionen bei alleiniger Umsetzung der beschriebenen Maßnahme
Gesamtkonzept in Bad Cannstatt	CO <sub>2</sub> -Emissionen bei einer weitgehend flächendeckenden Umsetzung in Bad Cannstatt
Gesamtkonzept in Stuttgart	CO <sub>2</sub> -Emissionen bei einer weitgehend flächendeckenden Umsetzung in Stuttgart
Flächennutzung	Verkehrsflächen, die für andere Nutzungen frei werden
Luftqualität, Lärm	verkehrsbedingte Luftschadstoff- und Lärmemissionen
Fahrzeugbestand	Gesamtbestand an Kraftfahrzeugen
Vermeidung und Verlagerung	Vermeidung von Wegen bzw. Verringerung der Wegelängen und Nutzung von Alternativen zum motorisierten Individualverkehr
<b>Soziales</b>	
Daseinsvorsorge	Zugang zu barrierefreier und bezahlbarer Mobilität sowie Erreichbarkeit von Einrichtungen der Grundversorgung
Lebenswerte Städte	öffentlicher Raum mit hoher Aufenthaltsqualität und gesundheitsfördernden Rahmenbedingungen
Sicherer Verkehr	Rahmenbedingungen, die hohes subjektives Sicherheitsgefühl ermöglichen, geringe Unfallgefahr, wenige Unfallopfer
Akzeptanz	überwiegende gesellschaftliche Zustimmung für Umsetzung bzw. Zielzustand
<b>Ökonomie</b>	
Verstetigung & Finanzierungsbedarf	notwendige öffentliche Investitions- und Betriebskosten
Bezahlbarer Verkehr	nutzerbezogene Mobilitätskosten

Tabelle 30: Vergleichende indikatorbasierte Bewertung der Einzelmaßnahmen – Maßnahmenbündel SAR

	SAR1 Tactical Urbanism für Radverkehr	SAR2 Dynamic Bikelane	SAR3 Reallocation of Public Space	SAR4 Dynamic Smart Parking System	SAR5 Aufgestelltes Makro-Schnellradnetz*	SAR6 Superblockprinzip	
<b>Ökologie</b>							
CO <sub>2</sub> -Emissionen							
Maßnahme alleinstehend	0,0	0,0	0,0	0,3	-0,7	0,7	2 stark positive Wirkung
Gesamtkonzept in Bad Cannstatt	1,0	0,7	1,0	0,5	1,0	1,0	1 leicht positive Wirkung
Gesamtkonzept in Stuttgart	1,3	1,0	1,5	0,5	1,8	1,5	0 keine Veränderung
Flächennutzung	0,3	1,0	1,7	0,3	1,0	1,7	-1 leicht negative Wirkung
Luftqualität, Lärm	0,7	0,7	1,7	0,7	0,7	1,7	-2 stark negative Wirkung
Fahrzeugbestand	0,7	0,7	1,0	0,7	0,8	1,0	-2 stark negative Wirkung
Vermeidung und Verlagerung	1,0	1,0	1,3	-0,3	1,2	1,3	- keine Aussage möglich
<b>Soziales</b>							
Daseinsvorsorge	1,7	0,7	0,5	0,3	1,7	0,5	
Lebenswerte Städte	1,0	0,7	2,0	0,7	1,5	2,0	
Sicherer Verkehr	1,7	0,5	1,0	0,7	1,7	1,7	
Akzeptanz	0,7	-0,5	0,3	0,7	-0,3	0,3	
<b>Ökonomie</b>							
Verstetigung & Finanzierungsbedarf	1,5	1,0	1,0	0,5	-2,0	1,0	
Bezahlbarer Verkehr	1,0	1,0	0,0	-0,3	1,0	0,0	

\* Errichtung eines Radschnellnetzes

Tabelle 31: Vergleichende indikatorbasierte Bewertung der Einzelmaßnahmen – Maßnahmenbündel SAA & NGW

	SAA1 Autonome Bus- Anbindung Krankenhaus BC	SAA2 Dynamische Regulierung von S-Pedelecs	SAA3 Mobility Hub	SAA4 Dynamische Busfahrspuren	NGW1 Öffentliches E- Schnelllade-Hub	NGW2 Micro-Hub	
<b>Ökologie</b>							
CO <sub>2</sub> -Emissionen							
Maßnahme alleinstehend	-0,7	0,0	0,3	-	0,0	0,3	2 stark positive Wirkung
Gesamtkonzept in Bad Cannstatt	0,3	0,0	1,0	1,0	0,0	0,7	1 leicht positive Wirkung
Gesamtkonzept in Stuttgart	0,3	0,0	1,3	1,3	1,0	0,7	0 keine Veränderung
Flächennutzung	0,0	0,0	0,0	0,7	-0,5	-0,3	-1 leicht negative Wirkung
Luftqualität, Lärm	0,0	0,0	0,7	1,0	0,7	0,7	-2 stark negative Wirkung
Fahrzeugbestand	0,0	0,0	0,7	0,7	0,0	-	- keine Aussage möglich
Vermeidung und Verlagerung	0,0	0,3	1,0	1,0	0,0	0,3	
<b>Soziales</b>							
Daseinsvorsorge	1,7	0,0	1,3	1,3	0,7	0,3	
Lebenswerte Städte	1,0	1,0	1,3	1,0	0,7	0,0	
Sicherer Verkehr	1,7	0,7	0,3	0,0	0,0	-0,5	
Akzeptanz	1,3	-1,0	0,7	0,0	0,0	0,7	
<b>Ökonomie</b>							
Verstärkung & Finanzierungsbedarf	-1,3	0,0	1,0	0,5	0,0	0,5	
Bezahlbarer Verkehr	0,5	0,0	1,0	0,7	0,0	1,0	

## Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen (ab 2020)

Nr.	Titel
324	Methodische Aspekte und aktuelle inhaltliche Schwerpunkte bei der Konzeption experimenteller Studien zum hochautomatisierten Fahren, 2020
325	Der Einfluss von Wärmeverlusten auf den Rollwiderstand von Reifen, 2020
326	Lebensdauerberechnung hybrider Verbindungen, 2020
327	Entwicklung der Verletzungsschwere bei Verkehrsunfällen in Deutschland im Kontext verschiedener AIS-Revisionen, 2020
328	Entwicklung einer Methodik zur Korrektur von EES-Werten, 2020
329	Untersuchung zu den Einsatzmöglichkeiten der Graphen- und Heuristikbasierten Topologieoptimierung zur Entwicklung von 3D-Rahmenstrukturen in Crashlastfällen, 2020
330	Analyse der Einflussfaktoren auf die Abweichung zwischen CFD und Fahrversuch bei der Bestimmung des Luftwiderstands von Nutzfahrzeugen, 2020
331	Effiziente Charakterisierung und Modellierung des anisotropen Versagensverhaltens von LFT für Crashsimulation, 2020
332	Charakterisierung und Modellierung des Versagensverhaltens von Komponenten aus duktilem Gusseisen für die Crashsimulation, 2020
333	Charakterisierung und Meta-Modellierung von ungleichartigen Punktschweißverbindungen für die Crashsimulation, 2020
334	Simulationsgestützte Analyse und Bewertung der Fehlertoleranz von Kfz-Bordnetzen, 2020
335	Absicherung des autonomen Fahrens gegen EMV-bedingte Fehlfunktion, 2020
336	Auswirkung von instationären Anströmeffekten auf die Fahrzeugaerodynamik, 2020
337	Analyse von neuen Zell-Technologien und deren Auswirkungen auf das Gesamtsystem Batteriepack, 2020
338	Modellierung der Einflüsse von Mikrodefekten auf das Versagensverhalten von Al-Druckgusskomponenten mit stochastischem Aspekt für die Crashsimulation, 2020
339	Stochastisches Bruchverhalten von Glas, 2020
340	Schnelle, breitbandige Datenübertragung zwischen Truck und Trailer als Voraussetzung für das hochautomatisierte Fahren von Lastzügen, 2021
341	Wasserstoffkompatibilität von Aluminium-Legierungen für Brennstoffzellenfahrzeuge, 2021
342	Anforderungen an eine elektrische Lade- und Wasserstoffinfrastruktur für gewerbliche Nutzfahrzeuge mit dem Zeithorizont 2030, 2021
343	Objective assessment of database quality for use in the automotive research and development process, 2021
344	Review of non-exhaust particle emissions from road vehicles, 2021
345	Ganzheitliche Betrachtung von Rollwiderstandsverlusten an einem schweren Sattelzug unter realen Umgebungsbedingungen, 2021
346	Studie zur Abschätzung der Anwendungspotentiale, Risiken und notwendigen Forschungsbedarfe bei der Verwendung von Glashohlkugeln in Kombination mit thermoplastischem Schaumspritzguss, 2021



- 347 Typgenehmigungsanforderungen an Level-3-Autobahnssysteme - Hintergrundbetrachtungen zu technischen Anforderungen für eine automatisierte Fahrfunktion, 2021
- 348 Einfluss der Kantenbearbeitung von Aluminiumblechen auf das Restumformvermögen sowie die Festigkeitseigenschaften unter quasistatischer und schwingender Beanspruchung, 2021
- 349 Verstärkung dünner formgehärteter Bauteile mittels FVK-Verrippungen, 2021
- 350 HMI Anforderungen für den automatisierten Individualverkehr unter Berücksichtigung von Leistungsmöglichkeiten und -grenzen älterer Nutzer, 2021
- 351 Compatibility of polymers for fuel cell automobiles, 2021
- 352 Entwicklung einer gewichtsoptimierten Batteriegehäusestruktur für Volumenfahrzeuge, 2021
- 353 Charakterisierung und Modellierung des Deformations- und Versagensverhaltens von nicht-faserverstärkten Thermoplasten unter mehrachsiger Crashbelastung, 2021
- 354 Untersuchung zum thermischen Komfort im Pkw für den Grenzbereich des Luftzugempfindens, 2021
- 355 Anforderungen an die Güte, Verfügbarkeit und Vorausschau einer Reibwertschätzung aus Funktionssicht, 2021
- 356 Entwicklung einer standardisierten Prüfanordnung zur Bewertung der Übernahmeleistung beim automatisierten Fahren, 2022
- 357 Vorstudie zu Verkehrsemissionen - Räumlich und zeitlich aufgelöste Daten durch Schwarmmessungen, 2022
- 358 Produktivitätssteigerung und Kostensenkung der laser-additiven Fertigung für den Automobilbau, 2022
- 359 Analyse der Einflussfaktoren auf die Abweichung zwischen CFD und Fahrversuch bei der Bestimmung des Luftwiderstands von Nutzfahrzeugen mit Fokus auf den Ventilationswiderstand von Nfz-Rädern, 2022
- 360 Werkstoffmodelle und Kennwertermittlung für die industrielle Anwendung der Umform- und Crash-Simulation unter Berücksichtigung der thermischen Behandlungen beim Lackieren im Prozess bei hochfesten Werkstoffen, 2022
- 361 Compatibility of polymers for fuel cell automobiles, 2022
- 362 Ermüdung kurzfaserverstärkter thermoplastischer Polymerwerkstoffe, 2022
- 363 Market research and definition of procedure to comparison of comfort measuring systems for a vehicle cabin, 2022
- 364 Methodische Ansätze zur Auswahl von Bordnetzstrukturen mit erhöhten Zuverlässigkeitsanforderungen, 2022
- 365 Fahrwiderstand von Lenk- und Liftachsen in Kurven und auf gerader Strecke unter realen Umgebungsbedingungen, 2022
- 366 Klimadaten und Nutzungsverhalten zu Auslegung, Versuch und Simulation an Kraftfahrzeug-Kälte-/Heizanlagen, 2022
- 367 Experimentelle und numerische Untersuchung des selbsttätigen Losdrehens von Schraubenverbindungen mit konstanten und variablen Amplituden und Entwicklung einer Bewertungsmethode, 2022
- 368 Objective assessment of database quality for use in the automotive research and development process – Part 2, 2023
- 369 Level 2 hands-off – Recommendations and guidance, 2023
- 370 Funktionale Sicherheitsbewertung und Cybersecurity Analysen relevanter Use Cases für die Datenübertragung zwischen Truck und Trailer als Voraussetzung für das hochautomatisierte Fahren von Lastzügen, 2023

- 371 Study on the technical evaluation of decentralization based de-identification procedures for personal data in the automotive sector, 2023
- 372 Legal evaluation of decentralization based de-identification procedures for personal and non-personal data in the automotive sector, 2023
- 373 Quantifizierung der mechanischen Belastbarkeit von Infrarot-Schweißverbindungen in zyklisch belasteten Thermoplast-Bauteilen, 2023
- 374 Lebensdauerbewertung von geschweißten Verbindungselementen unter Montagevorspannung, 2023
- 375 Einfluss verschiedener Scherschneidparameter auf die elektro-magnetischen Eigenschaften von NO-Elektroblech automobiler Traktionsantriebe, 2023
- 376 Automatisierte Demontage von Traktionsmotoren der E-Mobilität - Eine Studie zur Optimierung der Demontage, 2023
- 377 Untersuchungen zum Einfluss von feuchtem Wasserstoff auf die Spannungsrisskorrosionsempfindlichkeit von Aluminium-Legierungen für den Einsatz in Brennstoffzellenfahrzeugen, 2024
- 378 Diagnosekonzepte für zonale und teilredundante Bordnetzarchitekturen, 2024
- 379 Dynamische Erfassung und Beurteilung von Situationsbewusstsein im Kontext des automatisierten Fahrens, 2024
- 380 Charakterisierung zukunftssträchtiger Zellmaterialien im Hinblick auf deren Anforderungen an das Batteriepack, 2024
- 381 Fahrdynamik des Automatisierten Fahrens, 2024
- 382 Forschungsperspektiven für Mobilität in klimaneutralen Städten 2045 - Explorative Szenarioanalyse und innovationspolitische Handlungsempfehlungen, 2024

## Impressum

Herausgeber	FAT Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. Behrenstraße 35 10117 Berlin Telefon +49 30 897842-0 Fax +49 30 897842-600 <a href="http://www.vda-fat.de">www.vda-fat.de</a>
ISSN	2192-7863
Copyright	Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) 2024

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA)  
Behrenstraße 35, 10117 Berlin  
[www.vda.de](http://www.vda.de)  
Twitter @VDA\_online

**VDA** | Verband der  
Automobilindustrie

Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT)  
Behrenstraße 35, 10117 Berlin  
[www.vda.de/fat](http://www.vda.de/fat)

**FAT** | Forschungsvereinigung  
Automobiltechnik