dena
Deutsche Energie-Agentur

## ABSCHLUSSBERICHT

# dena-Projekt Urbane Energiewende

**Teil A:** Übergeordnete Erkenntnisse und Empfehlungen
**Teil B:** Katalog der Handlungsoptionen und Praxiserfahrungen
**Teil C:** Gutachterliche Ausarbeitung zu regulatorischen Herausforderungen

## Impressum

**Herausgeber:**
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel.: +49 (0)30 66 777-0
Fax: +49 (0)30 66 777-699
info@dena.de
www.dena.de

**Autoren der dena:**
Christoph Jugel
Susanne Schmelcher
Marc Czernie
Stefan Siegemund
Max Schenkluhn
Marina Triebelhorn
Christian Massow
Michael Müller
Valentin Zinnecker
Dorothea Horneber
Luise Lorenz

**Autoren der wissenschaftlichen Gutachter:**
Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM):
Judith Schäfer
Susan Wilms
Simon Schäfer-Stradowsky
Hermann Blümel
Felix Nowack
Julia Borger
Fanny Knoll
Friederike Pfeifer
Julia Schmidt
Denise Albert
Johannes Antoni

Becker Büttner Held Consulting AG (BBHC):
Philipp Jahnke
Julia Sandén
Giacomo Taubert

**Stand:**
11/2019, Version 1.2

**Bildnachweis:**
Shutterstock: Titelbild – SSDDavid, S. 19 – travelview, S. 22 – Artens, S. 25 – Werayuth Tes, S. 27 – Mariia Golovianko, S. 32 – Fusionstudio, S. 37 – Jenson, S. 41 – Avigator Fortuner, S. 43 – Oleksii Sidorov, S. 47 – SGr, S. 51 – ArTono, S. 53 – Bilanol, S. 57 – Varavin88, S. 62 – Alzay; S. 39 – Thinkstock; S. 49 – istockphoto.com/golero. Alle anderen Bilder Copyright: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

**Konzeption & Gestaltung:**
Heimrich & Hannot GmbH

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

**Bitte zitieren als:**
Deutsche Energie-Agentur (dena, 2019): „Abschlussbericht dena-Projekt Urbane Energiewende“

Gedruckt auf „BalancePure“, mit dem Umweltzeichen Blauer Engel für Papier und Karton ausgezeichnet, da u. a. energie- und wassersparend und aus 100 % Recyclingfasern hergestellt.

## Wir danken den Projektpartnern:

## Gutachterliche Begleitung:

Becker Büttner Held Consulting (BBHC)

Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM)

## Folgende Personen aus Wissenschaft, Politik, Kommunen und Zivilgesellschaft haben als Beirat das Projekt unterstützt:

- **Wissenschaft:** Dr. Jens Libbe, Difu; Dr. Christina Sager-Klauß, Fraunhofer IEE; Prof. Bernd Hirschl, IÖW.
- **Zivilgesellschaft:** Stefan Kapferer, BDEW e.V.; Dr. Peter Röttgen, BEE; Timm Fuchs, DStGB; Helmut Dedy, Deutscher Städtetag; Ingeborg Esser, GdW; Dr. Christine Lemaitre, DGNB; Dr. Jan Schilling, VDV; Katherina Reiche, VKU; Dr. Thomas Engelke, vzbv.
- **Politik:** Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat vertreten durch Petra Alten; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie vertreten durch Kerstin Deller; Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur vertreten durch Alexandra Mause; Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe Berlin vertreten durch Dr. Jürgen Varnhorn; Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Umwelt und Energie vertreten durch Dr. Björn Dietrich; Klaus Mindrup, MdB, SPD-Bundestagsfraktion; Dr. Andreas Lenz, MdB, CDU/CSU-Fraktion im Deutschen Bundestag; Karsten Möring, MdB, CDU/CSU-Fraktion im Deutschen Bundestag; Dr. Julia Verlinden, MdB, Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen; Ralph Lenkert, MdB Fraktion DIE LINKE. im Bundestag; Dr. Lukas Köhler, MdB, Fraktion der Freien Demokraten im Deutschen Bundestag.

## Der Abschlussbericht zum dena-Projekt Urbane Energiewende ist gegliedert in drei inhaltliche Teile:

**Teil A:**

**Übergeordnete Erkenntnisse und Empfehlungen**
Das vorliegende Dokument umfasst den Teil A des Abschlussberichts zu übergeordneten Erkenntnissen und Empfehlungen.
www.dena.de/urbew1

**Teil B:**

**Katalog der Handlungsoptionen und Praxiserfahrungen**
Der Teil B des Abschlussberichts zu Handlungsoptionen und Praxiserfahrungen steht online zur Verfügung.
www.dena.de/urbew2

**Teil C:**

**Gutachterliche Ausarbeitung zu regulatorischen Herausforderungen**
Der Teil C des Abschlussberichts zu den regulatorischen Herausforderungen steht online zur Verfügung.
www.dena.de/urbew3

**Gesamtbericht:**

Der Gesamtbericht mit allen drei Teilen sowie Literaturverzeichnis kann geladen werden unter:
www.dena.de/urbewbericht

# Inhaltsverzeichnis

6-63

## Teil A – Übergeordnete Erkenntnisse und Empfehlungen


**A 1 Der urbane Raum** ..... **16 – 26**
**A 2 Das urbane Energiesystem** ..... **27 – 33**
**A 3 Stromversorgung im urbanen Raum** ..... **34 – 44**
**A 4 Wärmeversorgung im urbanen Raum** ..... **45 – 55**
**A 5 Mobilität im urbanen Raum** ..... **56 – 62**

64-168

## Teil B – Katalog der Handlungsoptionen und Praxiserfahrungen


B 1 Einleitung und Methodik ..... 4 – 19
B 2 Energiesystem und Strom ..... 20 – 48
B 3 Wärmeversorgung ..... 49 – 72
B 4 Mobilität ..... 73 – 104


170-228

## Teil C – Gutachterliche Ausarbeitung zu regulatorischen Herausforderungen


C1 Energiesystem und Strom ..... 5 – 30
C2 Wärmeversorgung im urbanen Raum ..... 31 – 48
C4 Mobilität im urbanen Raum ..... 49 – 58


230-257

## ANHANG


Abbildungsverzeichnis ..... 2 – 3
Literaturverzeichnis ..... 4 – 21
Rechtsgrundlagen ..... 22 – 25
Abkürzungen ..... 26 – 27

# A

# 6-63

# Teil A – Übergeordnete Erkenntnisse und Empfehlungen


Vorwort ... 8
Executive Summary ... 10
Das dena-Projekt Urbane Energiewende ... 14

**A 1 Der urbane Raum ... 16 – 26**
1.1 Einordnung, Kategorisierungen und Systematisierungen ... 16
1.2 Der Begriff der urbanen Energiewende ... 19
1.3 Einbettung der urbanen Energiewende in übergeordnete Klimaschutzziele ... 20
1.4 Strategischer Orientierungsrahmen: Fünf Zieldimensionen der urbanen Energiewende ... 23
1.4.1 Klimaschutz ... 24
1.4.2 Energiesystem ... 24
1.4.3 Attraktivität der Stadt ... 25
1.4.4 Wirtschaftlichkeit ... 26
1.4.5 Hebelwirkung ... 26

**A 2 Das urbane Energiesystem ... 27 – 33**
2.1 Status quo und Entwicklung des urbanen Energiesystems ... 27
2.2 Übergeordnete politische Handlungsempfehlungen zur urbanen Energiewende ... 29
2.2.1 Die urbane Energiewende als querschnittliche Aufgabe verstehen ... 29
2.2.2 Wirksame $CO_2$-Bepreisung im Non-ETS-Bereich setzen und politisch flankieren ... 30
2.2.3 Optimale Integration lokaler Infrastrukturen sicherstellen ... 31
2.2.4 Vernetzung der Akteure stärken und Erfahrungsaustausch ermöglichen ... 32

**A 3 Stromversorgung im urbanen Raum ... 34 – 44**
3.1 Bedeutung der Städte im Stromsystem ... 34
3.2 Status quo und Entwicklung der Stromversorgung in urbanen Räumen ... 34
3.3 Fazit und Handlungsempfehlungen zur Stromversorgung in urbanen Räumen ... 38
3.3.1 Digitalisierung nutzen zur Flexibilisierung des Energiesystems und zur Koordination der enorm gestiegenen Anzahl der Systemakteure ... 38
3.3.2 Netz- und systemdienliche Flexibilisierung zur Erhöhung der EE-Anteile ... 41
3.3.3 Innerstädtische EE-Stromerzeugung voranbringen und Mieterstrom stärken ... 43

**A 4 Wärmeversorgung im urbanen Raum ... 45 – 55**
4.1 Bedeutung der Wärmeversorgung im urbanen Energiesystem ... 45
4.2 Status quo und Entwicklung der Wärmeversorgung in urbanen Räumen ... 47
4.3 Fazit und Handlungsempfehlungen zur Wärmeversorgung in urbanen Räumen ... 49
4.3.1 Wirtschaftlichkeit klimafreundlicher Versorgungsvarianten erhöhen ... 49
4.3.2 THG als Indikator nutzen, Systemansätze stärken, Monitoring verankern ... 51
4.3.3 Einzelinteressen mit lokaler Wärmeversorgungsstrategie verknüpfen ... 53
4.3.4 Spezifische Sanierungslösungen können Interessenskonflikte lösen ... 55

**A 5 Mobilität im urbanen Raum ... 56 – 62**
5.1 Bedeutung und Status quo der Mobilität im urbanen Raum ... 56
5.2 Entwicklungen und Ansätze für die urbane Mobilität ... 57
5.3 Fazit und Handlungsempfehlungen zur Mobilität in urbanen Räumen ... 59
5.3.1 Stärkung des ÖPNV und Einbindung von neuen Mobilitätskonzepten ... 60
5.3.2 Ausbau der Ladeinfrastruktur, netz- und systemdienliches Laden vorbereiten ... 61
5.3.3 Die Verkehrsbelastung der Innenstädte durch innovative Konzepte verringern ... 62

dena-Themenseite zur urbanen Energiewende ... 63

# Vorwort

Urbanisierung ist einer der Megatrends unserer Zeit. Schon heute leben etwa 60 Prozent der Deutschen auf nur 20 Prozent der Landesfläche in 79 Großstädten und rund 800 Städten mittlerer Größe. Weltweit lebt bereits mehr als die Hälfte der Bevölkerung in Städten. Die Vereinten Nationen rechnen damit, dass bis 2050 rund zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben. Und schon 2030 wird es 43 Städte mit mehr als zehn Millionen Einwohnern geben.

Städte sind jedoch mehr als wachsende Orte, Urbanisierung beinhaltet mehr als den Wandel von (Lebens-)Räumen. In Städten werden rund 80 Prozent der globalen anthropogenen Treibhausgase emittiert. Durch den hohen Energiebedarf, den starken Ressourcenverbrauch, die hohe Dichte an Infrastrukturen und die Vielzahl von Akteuren spielen Städte eine zentrale Rolle bei Energiewende und Klimaschutz. Hier gibt es viele Hebel, bei denen es im Sinne einer integrierten Energiewende anzusetzen lohnt. Mit anderen Worten: Ob wir die Energiewende schaffen und das in der EU und Deutschland diskutierte Ziel der Klimaneutralität erreichen werden und hierfür die Treibhausgasemissionen jährlich um 28 Mio. t reduzieren, entscheidet sich nicht zuletzt in Städten und Kommunen.

Vor diesem Hintergrund haben wir das dena-Projekt Urbane Energiewende vor 18 Monaten begonnen, um gemeinsam mit zahlreichen Partnern aus der Wirtschaft einen strategischen und politischen Orientierungsrahmen für die urbane Energiewende in Deutschland zu entwickeln. Mit an Bord waren Stadtwerke und Energieversorger, Technologieanbieter und IT-Dienstleister, Wohnungsgesellschaften und Mobilitätsanbieter sowie Logistik- und Handelsunternehmen. Ich freue mich, Ihnen nun den Bericht zu diesem ebenso spannenden wie intensiven Praxisprojekt vorlegen zu können.

Schnell zeigte sich die enorme Komplexität dieser Thematik, denn die urbane Energiewende findet in verdichteten Lebensräumen statt und wird neben kommunalen Verwaltungen auch durch lokale Unternehmen sowie Bürger und Bürgerinnen gestaltet. Dabei können die spezifischen lokalen Ausgestaltungsformen sehr unterschiedlich ausfallen. Die Akteure eint jedoch das Ziel, die urbanen Lebensräume attraktiv zu gestalten und gleichzeitig einen essentiellen Beitrag zum Erreichen der Klimaziele zu leisten.

Das dena-Projekt Urbane Energiewende zeigt, dass es bei der Gestaltung darauf ankommt, die Stadt als Ganzes zu betrachten. Der städtische Raum ist ein komplexer Organismus, bei dem es auf das Zusammenspiel vieler Faktoren wie Energiesysteme, Gebäude, Verkehr und Emissionen ankommt. Es müssen Fragen beantwortet werden: Wie können Infrastrukturen sinnvoll und sicher verknüpft werden? Welchen Beitrag kann die Digitalisierung leisten? Welche Pilotprojekte gibt es? Wie können diese Konzepte weiterentwickelt bzw. in anderen lokalen Kontexten angewandt werden? Deutlich wurde auch: Die Stadt der Zukunft ist eine vernetzte Stadt. Damit ist sowohl die Vernetzung der Akteure als auch die technologische Vernetzung durch Digitalisierung gemeint. Dabei muss immer auch das Zusammenspiel zwischen urbanem und ländlichem Raum bedacht werden. Stadt und Land dürfen nicht gegeneinander ausgespielt werden.

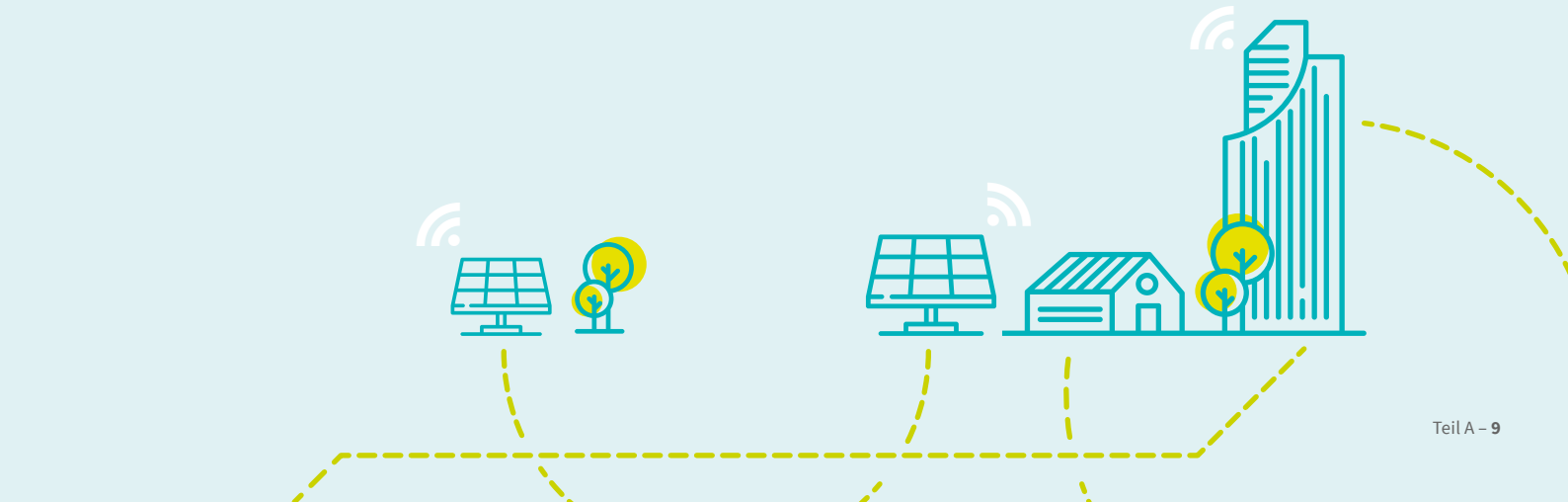
Insbesondere in den Sektoren Wärme und Verkehr, die einen erheblichen Anteil der deutschen Treibhausgasemissionen verantworten (Gebäude ca. 14 Prozent, Verkehr ca. 19 Prozent) muss noch viel passieren. Die gute Nachricht ist jedoch: Gerade in diesen Bereichen bieten Städte und Kommunen viele Möglichkeiten, Emissionen einzusparen. So hat sich die Stadt Halle zum Beispiel mit ihrer Energie-Initiative Halle vorgenommen, durch eine Vielzahl von Projekten bis 2040 eine weitgehende Dekarbonisierung der Fernwärme zu erreichen.

Im Energiesektor haben Städte ihre ganz eigenen Herausforderungen, da in den Metropolen schlicht nicht genügend Flächen für die Eigenversorgung mit erneuerbarer Energie zur Verfügung stehen. Doch auch hier zeigt die Praxis, dass Smart City Lösungen erheblich zur Reduktion von Emissionen beitragen können: Beispielsweise werden in der Stegerwaldsiedlung in Köln-Mühlheim 1.400 Wohnungen mit 80.000 Quadratmeter Wohnfläche saniert. Hier wird Wärme durch Luft-Wärmepumpen erzeugt, die mit dem Strom von den auf den Dächern neu installierten Solaranlagen betrieben werden. Eine Mobilitätsstation bietet den Menschen der Siedlung (auch Elektro-) Autos in verschiedenen Klassen und (auch Elektro-)Leihräder an.

Der vorliegende Bericht gibt wichtige Impulse dafür, wie eine Urbane Energiewende gelingen kann. Wir ermuntern alle Akteure aus Städten und Kommunen dazu, sich dieses Themas anzunehmen, weitere Best-Practice Beispiele zu (er)schaffen und voneinander zu lernen. Wir werden diesen Weg gerne weiter begleiten und uns mit Vorschlägen in die Diskussion einbringen. Die zügige Umsetzung dürfen wir dabei zu keinem Zeitpunkt aus den Augen verlieren. Denn Energiewende und Klimaschutz brauchen unbedingt auch Tempo. Die Politik wiederum sollte einen geeigneten Rahmen schaffen, der es den Akteuren ermöglicht, Orte zu gestalten, die Fortschritt, Klimaschutz und Lebensqualität in Einklang bringen. Packen wir es an!

Herzlichst Ihr

**Andreas Kuhlmann**
Vorsitzender der Geschäftsführung
der Deutschen Energie-Agentur (dena)



# Executive Summary

## Städte spielen eine zentrale Rolle für Energiewende und Klimaschutz

Städte haben einen großen Energiebedarf und Ressourcenverbrauch. Sie bieten gleichzeitig aber durch die hohe Dichte an Anwendungen und Infrastrukturen und die Vielzahl von Akteuren exzellente Hebel, um die Klimaziele für 2030 zu erreichen. Das dena-Projekt Urbane Energiewende hat für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende in Städten Erkenntnisse aus der Praxis zusammengetragen und Handlungsempfehlungen erarbeitet.

Der Projektbericht besteht dabei aus drei sehr unterschiedlichen Teilen:

A **Teil A** stellt **Übergeordnete Erkenntnisse und Empfehlungen** dar. In diesem Berichtsteil ist zudem ein strategischer Orientierungsrahmen beschrieben, der kommunalen Akteuren eine schnelle Einordnung und Bewertung konkreter Ansätze, Konzepte und Projekte erlaubt.

B **Teil B** gibt als **Katalog der Handlungsoptionen und Praxiserfahrungen** einen kompakten Überblick über zwölf „Ansätze“ mit mehr als dreißig Konzepten zur Energiewende in urbanen Räumen und stellt eine Vielzahl von Praxisprojekten als Beispiele für die einzelnen Konzepte vor.

C **Teil C** enthält als **Gutachterliche Ausarbeitung zu regulatorischen Herausforderungen** zu dreizehn spezifischen „Themen“ eine Analyse prägender Hemmnisse sowie Möglichkeiten zu deren Auflösung in Hinblick auf die Erreichung der Klimaziele in 2030.

## Übergeordnete politische Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen

**Die urbane Energiewende als querschnittliche Aufgabe verstehen und die Zusammenarbeit von Bund und Ländern intensivieren**

Die Bundesregierung sollte die Energiewende im urbanen Raum stärker in den Fokus der politischen Arbeit nehmen. Dabei sind „querschnittlich“ eine Vielzahl unmittelbar betroffener Anspruchsgruppen sowie unterschiedliche politische Ebenen zu koordinieren – insbesondere muss die Zusammenarbeit mit den Bundesländern intensiviert und weiterentwickelt werden. Dabei gilt es, die drei Säulen der integrierten Energiewende auch im urbanen Energiesystem zu verankern: Energieeffizienz erhöhen, mehr Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien (EE) direkt nutzen, sowie erneuerbare gasförmige und flüssige Energieträger und Rohstoffe bereitstellen. Dabei müssen Fehlanreize bezüglich der übergeordneten Ziele beseitigt, passende Investitionsanreize gesetzt und langfristige Planungssicherheit gewährleistet werden.

**Wirksame $CO_2$-Bepreisung für Sektoren Gebäude und Verkehr setzen und durch geeignete politische Maßnahmen flankieren**

Die Einführung einer $CO_2$-Bepreisung in den nicht durch das europäische Emissionshandelssystem abgedeckten Sektoren ist ein zentrales Element, um die langfristige Planungs- und Investitionssicherheit zu erhöhen und Anreize zur Änderung des Verbrauchsverhaltens oder/und zur Umstellung technischer Anlagen zur Vermeidung von $CO_2$-Emissionen zu erreichen. Das im Klimapaket gewählte Vorgehen soll die Planungssicherheit erhöhen, wird voraussichtlich aufgrund des niedrigen Preisniveaus jedoch nur wenig Lenkungswirkung entfalten. Auch deshalb müssen politische Instrumente und Maßnahmen eine $CO_2$-Bepreisung flankieren. Dabei ist ein laufendes Monitoring zur Bewertung der Wirksamkeit essentiell. Ziel muss sein, besonders geeignete Maßnahmen im Sinne von hoher Effektivität ($CO_2$-Minderung) oder/und Kosteneffizienz zu stärken und weniger wirksame Maßnahmen zu reduzieren oder zu beenden.

**Optimale Integration lokaler Infrastrukturen sicherstellen und den Ansatz einer integrierten Energieplanung verankern**

Urbane Räume sind durch gut ausgebaute und weit verzweigte Infrastrukturen für Strom, Wärme, Verkehr und Kommunikationssysteme geprägt. In Zukunft können vermehrt verbrauchernähere kleinere Quartiers-, Wohnblock- oder Gebäude-integrierte Anlagen entstehen, die durch eigene Erzeugung, Speicherung oder Umwandlung am Energiesystem teilnehmen. Für das übergeordnete Ziel der $CO_2$-Reduktion in einem möglichst kosteneffizienten Gesamtsystem ist eine ganzheitlich optimierte Nutzung technischer Anlagen und Infrastrukturen entscheidend. Um den effizienten Einsatz bei der großen Vielzahl unterschied-

licher Akteure zu ermöglichen, müssen die technischen, marktlichen und regulatorischen Schnittstellen weiterentwickelt werden. Zudem sollten die Bundesländer Anreize setzen, um die kommunale Energieleitplanung als Aufgabe der Stadtplanung weiter in die Breite zu bringen.

**Vernetzung der Akteure stärken und Erfahrungsaustausch ermöglichen – innerhalb der Stadt sowie zwischen Kommunen**

Bei der lokalen Umsetzung innovativer Ansätze und Konzepte zur urbanen Energiewende kommt es häufig zu zeitlichen Verzögerungen und erhöhtem Verwaltungsaufwand. Dies ist in vielen Fällen darauf zurückzuführen, dass die Projekte mit besonderen technischen, planerischen und administrativen Anforderungen verbunden sind und das notwendige spezifische Fachwissen in Planungsbüros, Handwerksbetrieben oder Verwaltungseinheiten oftmals nicht verbreitet ist. Bundes- und Landespolitik sollten in Abstimmung die zielgerichtete Koordination und Kooperation der urbanen Akteure untereinander sowie den Erfahrungsaustausch zwischen Kommunen in Netzwerken ermöglichen. Dabei sollte auch der Austausch über Forschungsergebnisse intensiviert werden, um einen laufenden Know-how-Transfer sicherzustellen.

## Stromversorgung im urbanen Raum

**Digitalisierung nutzen zur Flexibilisierung des Energiesystems und zur Koordination der gestiegenen Anzahl der Systemakteure**

Mit fortschreitender Energiewende wird das urbane Energiesystem immer komplexer. Daher müssen digitale Werkzeuge eingesetzt werden, um die Koordination der Systemakteure zu ermöglichen und den operativen Betrieb zu optimieren. Damit Informations- und Kommunikationstechnologien stärker genutzt werden können, muss die Interoperabilität zwischen Geräten über standardisierte Schnittstellen und Regeln gesichert werden. Dabei müssen diese so ausgestaltet werden, dass die Anwendungen an lokale Besonderheiten angepasst werden können. Um die Akzeptanz neuer digitaler Angebote zu erhöhen, sollten Technologieanbieter und Bund die Verbraucher über digitale Energietechnik sowie Datenschutz und -sicherheit informieren.

**Netz- und systemdienliche Flexibilisierung zur Erhöhung der EE-Anteile voranbringen**

Im Stromsystem bestehen als Grundvoraussetzung für eine stabile Versorgung besonders hohe Anforderungen an die Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch. Zur bestmöglichen Nutzung erneuerbarer Energien muss mit dem weiteren Anstieg fluktuierender EE-Stromerzeugung eine stärkere zeitliche Anpassung des Verbrauchs einhergehen. Hierfür muss die Bundespolitik den regulatorischen Rahmen so weiterentwickeln, dass wirtschaftliche Anreize für netz- und systemdienliche Verbrauchsflexibilisierung geschaffen werden. Zudem sollten die Flexibilisierungspotenziale von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen stärker genutzt werden. Um die Anteile erneuerbarer Energien in einem flexibel gesteuerten Gesamtsystem zu erhöhen, sollte der Bund „Nutzen statt Abregeln“ zum Standard machen. Zudem müssen energierechtliche Fachbegriffe im Zusammenhang mit integrierten Konzepten und Quartierslösungen definiert werden.

**Innerstädtische EE-Stromerzeugung voranbringen und Barrieren für Mieterstrom beseitigen**

Urbane Räume sind Energiesenken. Um die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien zu erhöhen, muss auch die innerstädtische EE-Stromerzeugung gesteigert werden. Zudem nehmen die Herausforderungen bei der Akzeptanz für Großprojekte der Energiewende im ländlichen Raum zu. Auch hierdurch steigt die Notwendigkeit, vermehrt kleinteiligere, verbrauchsnähere Erzeugungspotenziale zu nutzen. Um die innerstädtische EE-Stromerzeugung zu befördern, sollte insbesondere die Attraktivität von „Mieterstrom“ erhöht werden. Dabei müssen steuerliche Barrieren beseitigt und der Begriff der Kundenanlage im Energiewirtschaftsgesetz geschärft werden. Da die Wirtschaftlichkeit von Mieterstromprojekten maßgeblich durch das Messkonzept beeinflusst wird, sollten Verwaltungsaufwände reduziert und komplexe Zählerkonzepte standardisiert und vereinfacht werden.

## Wärmeversorgung im urbanen Raum

**Die Wirtschaftlichkeit klimafreundlicher Versorgungsvarianten erhöhen und den Wechsel zu $CO_2$-freien Wärmeversorgungskonzepten erleichtern**

Zur Erreichung der Klimaziele kommt einer $CO_2$-armen und langfristig klimaneutralen Wärmeversorgung große Bedeutung zu. Dabei spielen gerade im urbanen Raum integrierte Ansätze sowie der weitere Einsatz von Wärmenetzen als Sammelschiene klimaneutraler Erzeugungspotenziale eine besondere Rolle. Allerdings sind klimaneutrale Wärmeversorgungskonzepte durch hohe Gestehungskosten und Investitionsrisiken gehemmt. Um die Wirtschaftlichkeit gegenüber $CO_2$-intensiveren Varianten zu erhöhen, sollte der Bund die Kraft-Wärme-Kopplung

zeitnah weiterentwickeln, das angekündigte Förderprogramm zur EE-Fernwärme („Basisprogramm“) vorantreiben, sowie eine Anpassung des Gebots zur kurzfristigen Kostenneutralität bei der Umstellung der Wärmelieferung in Mietwohnungen vornehmen.

**Treibhausgase als Steuerungsgröße nutzen, innovative Systemansätze stärken und kontinuierliches Monitoring verankern**

Zielvorgaben und Referenzgrößen im Wärmebereich sind bislang hauptsächlich auf den Energiebedarf von Einzelgebäuden ausgerichtet. Ergänzend hierzu sollten für Quartiere und Gebäude auch die mit der Wärmenutzung verbundenen $CO_2$-Emissionen transparent gemacht werden. Zusätzlich sollten Energiebedarfs- bzw. Emissionsanforderungen nicht nur auf einzelne Verbrauchseinheiten ausgerichtet sein, sondern integrierte Versorgungslösungen und Quartierskonzepte gestärkt werden. Hierzu muss auch bei den Akteuren auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene das Wissen in Bezug auf integrierte Konzepte ausgebaut werden. Zudem sollten die Kommunen in ihrer Rolle als Bindeglied der verschiedenen Akteure gestärkt werden.

**Einzelinteressen mit lokaler Wärmeversorgungsstrategie verknüpfen, die Datenverfügbarkeit verbessern und die Koordination unterstützen**

Die Interessen und Entscheidungen einzelner Gebäudeeigentümer können lokalen Ansätzen für eine Wärmeversorgung im Sinne der Klimaschutzziele entgegenstehen. Hierdurch bleiben große Potenziale für den Einsatz klimaneutraler Energiequellen mangels einer koordinierenden Strategie ungenutzt. Die Bundesländer sollten den Kommunen Anreize setzen, in Ergänzung zu den bereits bestehenden Bauleitplanungen und städtebaulichen Verträgen durch eine kommunale Wärmeplanung gemeinsam mit einheitlichen Planungsinstrumenten den „richtigen Rahmen“ für klimafreundliche Wärmeversorgungskonzepte zu setzen. Hierbei sollte auch Kommunen in der Haushaltssicherung eine kommunale Wärmeplanung ermöglicht werden. Um die Erschließung lokaler Wärmepotenziale in Kommunen zu unterstützen, müssen Datengrundlagen geschaffen und die Koordination zwischen Akteuren verbessert werden.

**Spezifische Sanierungslösungen können Interessenskonflikte vermeiden, dabei muss die öffentliche Hand ihrer Vorbildfunktion gerecht werden**

Deutschlandweit wohnen etwas mehr als die Hälfte aller Haushalte zur Miete, im urbanen Raum ist der Anteil erheblich höher. Beim energieeffizienten Sanieren von Mietwohnungen kommt es häufig zu dem sogenannten „Nutzer-Investor-Dilemma“. Darüber hinaus können Interessenskonflikte aufgrund von Anforderungen der Sozialpolitik sowie aus Umwelt- und Denkmalschutzgründen entstehen, die die Wirtschaftlichkeit einer energetischen Sanierung senken. Innovative Sanierungskonzepte wie beispielsweise „serielles Sanieren“ können Zielkonflikte vermeiden und unangemessene Belastungen reduzieren. Sie sollten ebenso wie Quartierskonzepte im Rahmen der energetischen Stadtsanierung weiter in die Breite gebracht werden, außerdem sollte die Gebäudesanierung durch verstärkte Anreize – wie bereits im Klimapaket angelegt – beschleunigt werden. Des Weiteren muss öffentliche Hand ihrer Vorbildfunktion gerecht werden.

## Mobilität im urbanen Raum

**Stärkung des öffentlichen Personenverkehrs, Verankerung von Klimazielen in Nahverkehrspläne und Einbindung von neuen Mobilitätskonzepten**

Der öffentliche Personenverkehr muss zukünftig noch stärker als Rückgrat eines effizienten urbanen Verkehrssystems fungieren. Er muss in seiner Rolle als umweltverträgliches und für dicht besiedelte Räume besonders ressourcenschonendes Mobilitätskonzept gegenüber dem motorisierten Individualverkehr gestärkt, ausgebaut und qualitativ verbessert werden. Hier gilt es, dass die Aufgabenträger des öffentlichen Personenverkehrs konkrete klimapolitische Ziele und Minderungspfade sowie das hierfür notwendige Monitoring in die Nahverkehrspläne aufnehmen. Zudem sollten Nahverkehrspläne vermehrt integriert zwischen angrenzenden Kommunen geplant und abgestimmt werden. Hierfür müssen auch durch Bund und Länder Grundlagen geschaffen und Projektansätze initiiert werden. Im Sinne der Verkehrsvermeidung müssen öffentliche Personenverkehre und nicht-motorisierte Mobilität gegenüber dem motorisierten Individualverkehr gestärkt werden. Sharing-Angebote sind dabei als Ergänzung zum öffentlichen Personenverkehr zu verstehen und gezielt zur Verbesserung des Angebots einzusetzen.

**Der Ausbau der Ladeinfrastruktur braucht Förderung, diese sollte bereits netz- und systemdienliches Laden vorbereiten**

Der weitere Ausbau der Ladeinfrastruktur im privaten, halb-öffentlichen und öffentlichen Raum muss beschleunigt werden, um den Markthochlauf der Elektromobilität zu unterstützen. Dafür sind Förderprogramme für eine verbesserte Wirtschaftlichkeit und angepasste Rahmenbedingungen notwendig. Zusätzlich sollten klare Regelungen und Schnittstellen für netz- und systemdienliches Laden vorbereitet werden. Zudem müssen in den kommunalen Verwaltungen Personalkapazitäten erhöht und Prozesse standardisiert bzw. vereinfacht werden, um Genehmigungsprozesse für den Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur zu verkürzen. Für den effizienten Ausbau der

halböffentlichen Ladeinfrastruktur sind besonders für bundesweit vertretene Unternehmen einheitliche Rahmenbedingungen notwendig, beispielsweise bezüglich der in der EU-Gebäuderichtlinie enthaltenen Regelungen und Anforderungen.

**Die Verkehrsbelastung der Innenstädte durch innovative Konzepte auch für Waren- und Güterverkehre verringern**

Durch das prognostizierte weitere Wachstum des Waren- und Güterverkehrs sind innovative, dezentrale und zeitversetzte Zustellungskonzepte gefragt, um Zielkonflikte aufzulösen und Emissionen zu verringern. Hierfür müssen für nachhaltige Mobilitätsansätze teilweise auch Neuaufteilungen im öffentlichen Straßenraum ermöglicht werden, um innovative Zustellkonzepte im Waren- und Güterverkehr zu fördern und die Verkehrsbelastung der Innenstädte zu verringern. Hier gilt es, neue Konzepte und Zeitschienen zu nutzen, um Verkehrsaufkommen und -spitzen zu entzerren. Zudem sollte die Digitalisierung auf kommunaler Ebene stärker zur Verkehrssteuerung und zum Ausbau emissionsarmer Mobilität genutzt werden.

# Ausblick: Katalog der Handlungsoptionen

Der in einem separaten Dokument vorliegende Teil B des Projektberichts stellt als „Katalog der Handlungsoptionen“ mehr als dreißig Konzepte zur urbanen Energiewende vor:

## Energiesystem und Strom

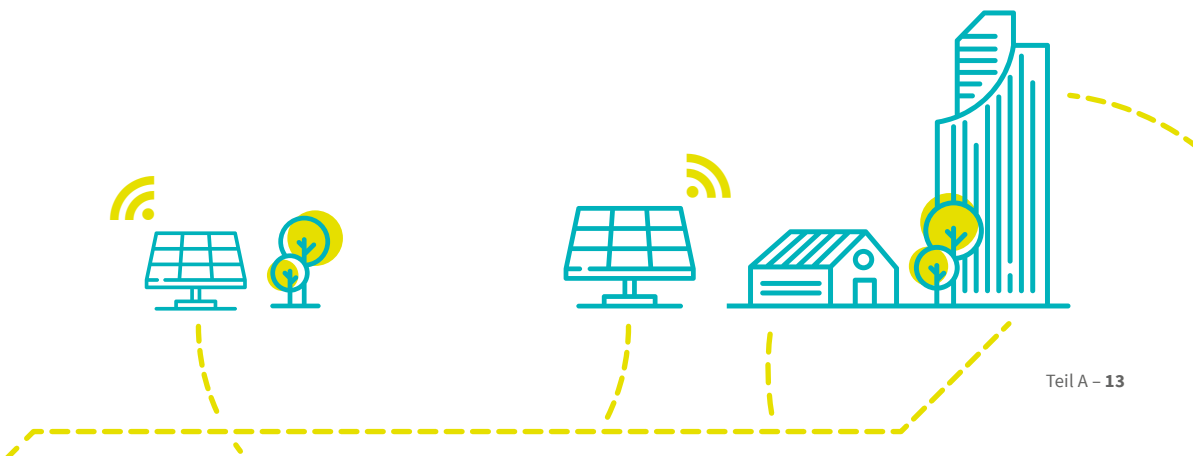
1. **Stromversorgung aus erneuerbaren Energien** durch innerstädtische Erzeugung oder aus dem Umland
2. **Integrierte Versorgungskonzepte** in Einzelgebäuden sowie für Quartiere
3. **Flexibilitätsmärkte** durch Virtuelle Kraftwerke und Demand Side Management
4. **Flexibilitäts- und Infrastrukturkopplungs-Technologien**, beispielsweise durch intelligente Nutzung von KWK, das Konzept „Nutzen statt Abregeln“, Batterien als Kurzzeitspeicher sowie den Einsatz von Power to Gas und anderen Umwandlungstechnologien

## Wärmeversorgung

1. **Wärme aus erneuerbaren Energien**, beispielsweise durch Einbindung von Großwärmepumpen, Tiefengeothermie oder Solarthermie in Wärmenetze, durch die energetische Nutzung von Biomasse zur Wärmeversorgung, oder durch gebäudeintegrierte Versorgung mittels Wärmepumpen
2. **Wärme aus Abwärme** durch die Einbindung von Abwärme oder Abwasserwärme in Wärmenetze

## Mobilität

1. **Stärkung und Optimierung des ÖPNV,** insbesondere durch Förderung von Intermodalität und Mobilitätszentralen / Mobilitätsstationen, dazu Integration von Sharing Mobility-Angeboten mit Bündelung von Fahrten und geteilter Nutzung von Fahrzeugen (Auto, Fahrrad, Scooter)
2. **Ladeinfrastruktur und Ladekonzepte für Elektrofahrzeuge** in öffentlichen, halb-öffentlichen oder privaten Räumen
3. **Innovative Konzepte für Waren- und Güterverkehre**, beispielsweise durch dezentrale Verteilkonzepte über Paketstationen oder Mikro-Depots / City-Hubs, durch eine zeitliche Verschiebung auf die Nachtbelieferung des Einzelhandels, sowie durch die Umstellung auf alternative Antriebstechnologien der Liefer-Lkw (Elektro, H2, LNG) oder alternative Verkehrsmittel



# Das dena-Projekt Urbane Energiewende

## Ziel und Vorgehen

Die Deutsche Energie-Agentur (dena) hat im September 2018 das dena-Projekt Urbane Energiewende initiiert. Es wurde mit gutachterlicher Unterstützung, einem engagierten Beirat und mehr als 30 Partnern aus den Bereichen Stadtwerke, Kommunen und Energieversorger, Technologieanbieter und IT-Dienstleister, Wohnungsgesellschaften und Mobilitätsdienstleister sowie Logistik- und Handelsunternehmen umgesetzt.

Ziel des Projekts ist es, kommunale Akteure – Kommunalpolitiker, kommunale Unternehmen und privatwirtschaftliche Unternehmen – durch eine strukturierte Wissensbasis bei der Umsetzung der urbanen Energiewende zu unterstützen und die erforderlichen politischen Rahmenbedingungen auf kommunaler, Landes- und Bundesebene aufzuzeigen.

Um die hohe Komplexität der vielfältigen Handlungsfelder und Lösungsansätze für die integrierte Energiewende im urbanen Raum zu strukturieren und zu katalogisieren, erfolgte die Bearbeitung in drei Ebenen: Sammlung und Auswertung von Beispielprojekten aus der Praxis, gutachterliche Analyse von Lösungen und Hemmnissen sowie intensiver Austausch mit Akteuren der urbanen Energiewende.

Im Ergebnis wurden übergeordnete Erkenntnisse, Prinzipien und Ziele für eine praxisorientierte Umsetzung der urbanen Energiewende abgeleitet und politische Handlungsempfehlungen für geeignete Rahmenbedingungen ausgesprochen (Teil A). Basis für diese Empfehlungen waren die vorhergehende Untersuchung vielfältiger Versorgungsansätze und Konzepte für ein effizientes und nachhaltiges Energiesystem in einer modernen und lebenswerten Stadt (Teil B) sowie die gutachterliche Untersuchung umsetzungserschwerender Hemmnisse und möglicher Lösungsansätze (Teil C).

## Organisatorische Struktur

Die dena hat das Projekt initiiert und geleitet. Sie war verantwortlich für die Konzeption und Umsetzung des Arbeitsprogramms sowie für die Kommunikation. Die Bearbeitung der Studie erfolgte durch die dena sowie durch die Becker Büttner Held Consulting AG und das Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität als wissenschaftliche Gutachter. Die Gutachter übernahmen die Ausarbeitung von Ansätzen und Konzepten sowie die Untersuchung und Beschreibung von regulatorischen Hemmnissen und Lösungsmöglichkeiten.

Die das Projekt finanziell tragenden Projektpartner haben im Lenkungskreis über die grundsätzliche Ausrichtung des Projekts sowie zu übergreifenden Fragestellungen beraten und entschieden. In modulspezifischen Expertenkreisen diskutierten sie spezifische Ausgestaltungsvarianten der Ansätze und Konzepte, Markthemmnisse in der Umsetzung sowie Möglichkeiten der breitenmarktfähigen Implementierung im urbanen Raum.

Ein Beirat aus Wissenschaft, Politik, Kommunen und Zivilgesellschaft fungierte als Kontrollgremium und Impulsgeber. Um Erfahrungen aus der Praxis in das Projekt einfließen zu lassen, wurden darüber hinaus zahlreiche Interviews mit den Verantwortlichen umgesetzter Praxisbeispiele durchgeführt.

## Aufbau und Struktur des Projektberichts

Die inhaltliche Bearbeitung im dena-Projekt Urbane Energiewende erfolgte sowohl auf einer studienorientierten theoretischen Bearbeitungsebene (Top-down) als auch praxisorientiert durch Auswertung konkreter Konzepte und zahlreicher Praxisprojekte (Bottom-up). Die inhaltliche Diskussion mit den Projektpartnern fand in drei Expertengruppen statt: 1. Energiesystem und Strom, 2. Wärmeversorgung und 3. Mobilität. Die Erkenntnisse und Ergebnisse der Bearbeitung der beiden Bearbeitungsebenen und aller Expertengruppen wurden in diesem Gesamtbericht zusammengeführt.

A

Der hier vorliegende erste **Teil A** „Übergeordnete Erkenntnisse und Empfehlungen" des Berichts beinhaltet zunächst eine kurze Hinführung zum urbanen Raum und zu dessen Eigenschaften und Besonderheiten (Kapitel A 1). Zusätzlich wird in diesem Kapitel ein strategischer Orientierungsrahmen mit fünf Zieldimensionen beschrieben. Er soll den Akteuren in der Praxis als Hilfsmittel zur Bewertung von Ansätzen und Konzepten sowie konkreten Projektvorschlägen der urbanen Energiewende dienen. Anschließend werden wesentliche Erkenntnisse aus der Projektbearbeitung zum urbanen Energiesystem sowie die daraus abgeleiteten übergeordneten Handlungsempfehlungen dargestellt (Kapitel 1.1). Die nächsten drei Kapitel nehmen die Struktur „Status quo – Erkenntnisse – Empfehlungen" inhaltlich für die spezifischen Projektmodule Stromnachfrage und Versorgung (Kapitel A 3), Wärme (Kapitel A 4) und Mobilität (Kapitel A5) auf.

B

Der zweite **Teil B** „Katalog der Handlungsoptionen und Praxiserfahrungen" zeigt kompakt in Form von Steckbriefen mögliche Ansätze und Konzepte für ein $CO_2$-armes und langfristig klimaneutrales urbanes Energie- und Verkehrssystem. Diese werden in Bezug auf ihre Rolle im Energie- bzw. Verkehrssystem und ihre Anwendungsoptionen im urbanen Raum beschrieben sowie nach den in Teil A eingeführten Zieldimensionen bewertet. Zudem wurden im Rahmen der praxisorientierten Bearbeitung 70 bestehende Praxisprojekte (z. B. Pilotprojekte, Leuchttürme etc.) identifiziert, analysiert und beschrieben. Dabei wurden sowohl nationale als auch internationale Fallbeispiele aufgegriffen. Eine zielorientierte Bewertung der Praxisbeispiele fand mithilfe des im Rahmen dieses Projekts entwickelten Bewertungsschemas mit Blick auf die Relevanz für die urbane Energiewende generell und die identifizierten Ansätze und Konzepte im Besonderen statt.

C

Der dritte **Teil C** „Gutachterliche Ausarbeitung zu regulatorischen Herausforderungen" enthält eine gutachterliche Analyse der wichtigsten regulatorischen Hemmnisse. Dabei wurden übergreifende verbindende Ansätze mit ähnlicher Zielwirkung oder/und vergleichbaren Hemmnissen zu sogenannten „Themen" zusammengefasst. Für diese Themen wurden jeweils die prägenden Hemmnisse betrachtet und Möglichkeiten zu deren Auflösung in Hinblick auf 2030 dargestellt.

# A1 Der urbane Raum

Das Wachstum der Welt spielt sich vor allem in den urbanen Zentren ab: Schon heute leben mehr als die Hälfte aller Menschen in Städten, bis zum Jahr 2050 sollen es schon sieben von zehn sein. In vielen Ländern ist die ökologische Stadterneuerung deshalb ein drängendes Thema. Auch in Deutschland wird die Erreichung der Klimaziele intensiv in den Städten vorangetrieben. Durch die große Dichte von Menschen, Gebäuden, Anlagen und Infrastrukturen, aber auch durch die Heterogenität der Ausgangssituationen sind die mit der Energiewende verbundenen Herausforderungen in Städten besonders drängend: die Koordinierung der vielen Akteure, die Suche nach geeigneten Technologien und zukunftsfähigen Geschäftsmodellen, die zunehmende Digitalisierung sowie die Weiterentwicklung von Infrastrukturen mit ihren oft langen Planungshorizonten. Auf Bundesebene macht dies eine Positionierung und kontinuierliche Nachverfolgung des Themas urbane Energiewende notwendig.

## 1.1 Einordnung, Kategorisierungen und Systematisierungen

Der Begriff „Urbanität“ (vom lateinischen „urbs“ = Stadt bzw. „urbanus“ = städtisch) steht für das vielfältige Leben in einer Stadt, geprägt durch eine große Zahl von Menschen. Enge Bebauung, dichter Verkehr, beständige Geräusche – die Stadt schläft nie. Das städtische Lebensgefühl steht aber auch für einen guten Zugang zu Bildung, Gesundheit, Kunst und Kultur. Städte ermöglichen Begegnung und persönliche Entfaltung durch eine Vielfalt an wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Aktivität. Hier gibt es eine Vielzahl von Geschäften, Handwerksbetrieben, Arztpraxen, Banken, Schulen und Gaststätten.

### Städte haben große Bedeutung für den globalen Energiebedarf und die THG-Emissionen

Während um 1900 lediglich rund 10 Prozent der Menschen in Städten lebten, werden es im Jahr 2050 laut Prognosen der UNO bereits gut 70 Prozent sein. Durch die Urbanisierung konzentrieren sich Wirtschaftskraft und Wohlstand vieler Länder in den städtischen Räumen, und dies führt dazu, dass Städte für rund 70 Prozent des Weltenergiebedarfs und einen entsprechend hohen Ressourcenverbrauch verantwortlich sind. Allein die Top 100 der Städte mit dem größten $CO_2$-Fußabdruck weltweit sind zusammen für knapp 20 Prozent des gesamten globalen Kohlendioxidausstoßes verantwortlich. In dieser

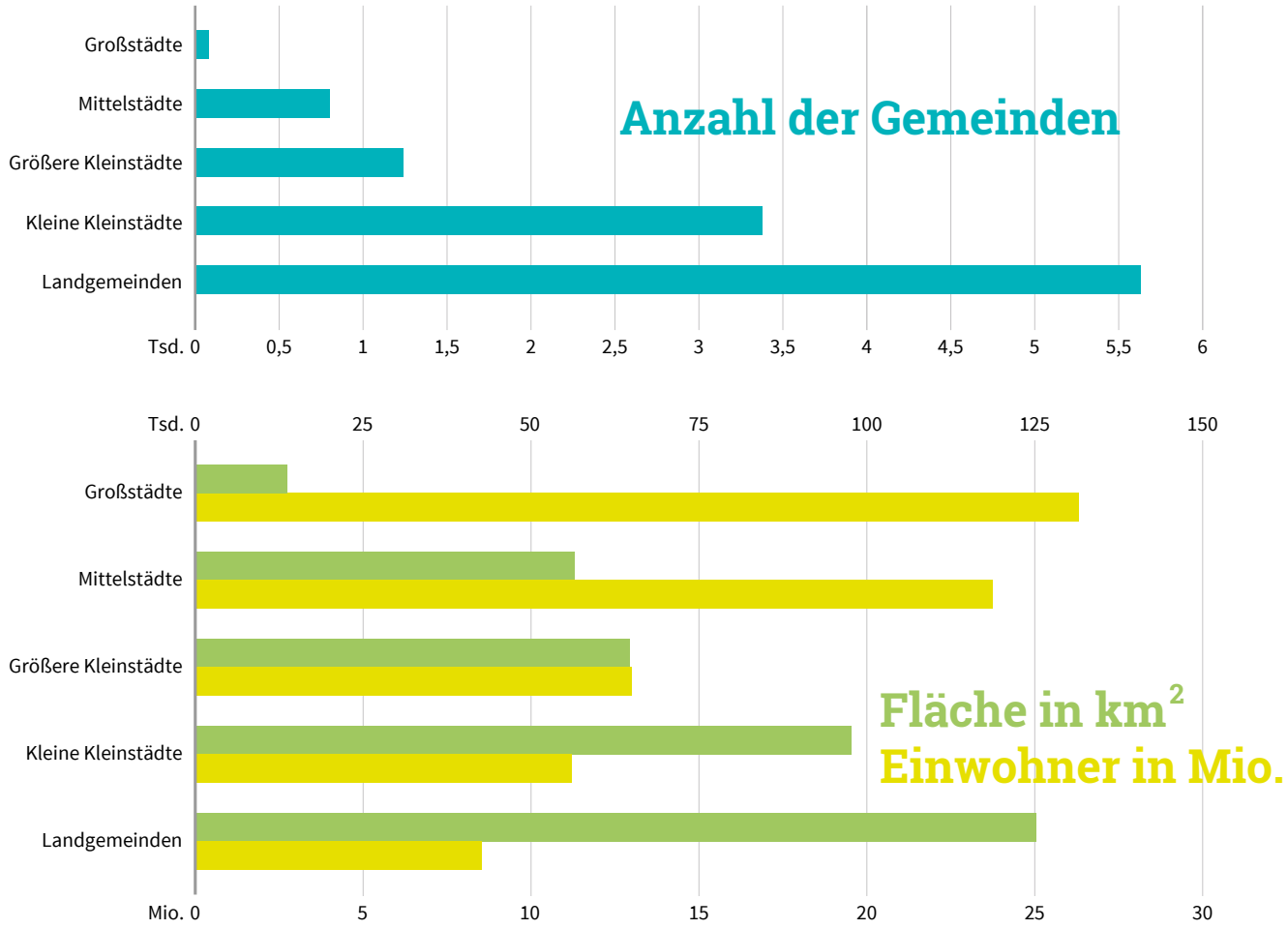



**Abbildung 1:** Verteilung von Fläche und Bevölkerung, alle Zahlen 2017, Quelle: BBSR

Liste sind auch die deutschen Städte Köln und Berlin mit 69 bzw. 33 Mio. t $CO_2$ (Rang 31 bzw. 64) aufgeführt, Hamburg folgt als nächste deutsche Großstadt knapp außerhalb der Top 100 mit 19 Mio. t $CO_2$ (Rang 129).[1]

Trotz hoher absoluter Verbrauchs- oder Emissionswerte weisen Städte meist jedoch sehr niedrige Pro-Kopf-Werte auf. So leben in Deutschland etwa 60 Prozent der Bevölkerung – rund 50 Mio. Menschen – in den 79 Groß- und rund 800 Mittelstädten auf nur rund 20 Prozent der Siedlungsfläche (vgl. Abbildung 1). Auch Endenergieverbrauch und $CO_2$-Emissionen für Einwohner in Städten können erheblich unter den bundesweiten Durchschnitten liegen: Berlin hat beispielsweise einen gegenüber dem Bundesdurchschnitt fast 40 Prozent niedrigeren Endenergieverbrauch (18,5 GWh je Einwohner und Jahr gegenüber 30,6 GWh für ganz Deutschland) und ebenso niedrigere $CO_2$-Emissionen (5,65 gegenüber 9,28 Mio. t $CO_2$)[2].

Städte sind vielfältig – charakterisiert durch statische Faktoren (beispielsweise Siedlungsstrukturen, geografische Bedingungen, energetische Potenziale) sowie dynamische Faktoren (beispielsweise Demografie, Energiebedarf, wirtschaftliche Situation, Bedürfnisse, Industrialisierung). Dies bedeutet, dass der urbane Raum stark durch lokale Gegebenheiten charakterisiert ist und in einer Vielzahl von Ausgestaltungsformen auftritt. Somit müssen Ansätze und Konzepte für ein $CO_2$-armes, langfristig sogar klimaneutrales urbanes Energie- und Verkehrssystem auf die lokalen Gegebenheiten ausgerichtet sein. Eine Vielzahl lokal ausgerichteter Konzepte in einer großen Anzahl von Städten erzeugt einen signifikanten Beitrag zur Minderung der THG-Emissionen. Dies zeigen auch die über 12.000 Projekte in über 3.000 Kommunen, die über die Kommunalrichtlinie gefördert worden sind. Gleichzeitig sind Städte immer auch Orte der Innovation – gerade aus der hohen Dichte an Infrastrukturen und der Vielzahl von Akteuren ergibt sich die große Chance, die Energiewende erfolgreich umzusetzen.

[1] Moran, et al., 2018.
[2] Amt für Statistik Berlin Brandenburg, o.J.

## Transformationsprozesse in Städten sind besonders durch Flächenknappheit geprägt

Diese hohe Dichte ist gleichzeitig eine Herausforderung: Alle Veränderungsprozesse müssen innerhalb des stark begrenzten Potenzials zur Verfügung stehender Flächen umgesetzt werden. Die vielfältigen Bedürfnisse und Anforderungen an Energieversorgung und Mobilitätsleistungen aller Sektoren (Privathaushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, Industrie) müssen auf engem Raum und mit wenigen geeigneten Flächen erfüllt werden. Im eng besiedelten urbanen Raum werden Nutzungs- bzw. Flächenkonkurrenzen besonders deutlich – bei Freiflächen, Verkehrsflächen, Dachflächen, unterirdischen Flächen sowie zukünftig auch im Luftraum.

Bei der Gestaltung dieser Flächen konkurriert die urbane Energiewende – beispielsweise bezüglich des notwendigen weiteren Ausbaus erneuerbarer Energien – mit einer Vielzahl weiterer Ziele zur Flächennutzung. Zuallererst wird in den Städten das Ziel der Bereitstellung von Wohnraum und Arbeitsplätzen durch passende Bebauung (Wohnbau, Gewerbe und Industrie, Verwaltung, Schulen …) verfolgt. Andere zentrale Ziele sind das Schaffen funktionierender Verkehrsinfrastrukturen und attraktiver Erholungs- und Freizeitangebote sowie ein aktiver Beitrag zum Naturschutz.

Die Transformationsprozesse in allen Sektoren schaffen neue Versorgungskonzepte, wobei nicht nur der Energiesektor urbane Flächen zur Wärme- und Stromerzeugung braucht. So ist auch der Verkehrssektor durch neue Mobilitätskonzepte auf veränderte Flächennutzungen (Sharing-Konzepte, Radwege, Ladestationen etc.) angewiesen. Auch Klimaanpassungsmaßnahmen werden urbane Flächen beanspruchen (Belüftungskorridore, Wassermanagement, Grünflächen etc.). Hier entstehen weitere Flächen- und Nutzungskonkurrenzen.

Für die Betrachtung des urbanen Raums ist jedoch nicht nur die Situation innerhalb der Stadtgrenzen, sondern auch die Beziehung zum umgebenden ländlichen Raum wichtig. Dabei wird der urbane von dem ruralen Raum häufig durch die Einwohnerdichte einer Gemeinde in Abhängigkeit von der Einwohnerdichte umliegender Gemeinden abgegrenzt. Dicht besiedelte Gebiete (Städte) werden meist von Gebieten mit mittlerer Bevölkerungsdichte (kleinere Städte und Vororte) und dünn besiedelten (ländlichen) Gebieten unterschieden.[3] Für die Entwicklung des urbanen Raums ist insbesondere die „Stadt-Umland-Beziehung“ relevant, also wie sich der Übergang von Stadt zu Land gestaltet – als harte Grenze zwischen dichter Stadt und dünn besiedeltem Umland („Spiegelei“) oder als unscharfe Grenze wie in größeren Metropolregionen („Rührei“). In der Praxis können diese Übergänge oft fließend sein, gerade was Verkehrsströme betrifft.

Eine funktionale Beschreibung von stark integrierten Stadt-Land-Regionen findet insbesondere in der Typologie der sogenannten Metropolregionen statt. Dies sind Ballungsräume, in denen mindestens 50 Prozent der Bevölkerung in einem funktionalen Stadtgebiet mit mindestens 250.000 Einwohnern leben.[4] Das funktionale Stadtgebiet beschreibt die Kernstadt und das Pendlereinzugsgebiet.[5] Metropolregionen können auch mehrere Städte und z. B. ländliche Gebiete zusammenfassen. Nach dem statistischen Amt der Europäischen Union (Eurostat) gibt es in Deutschland derzeit 66 Metropolregionen. Dazu gehören beispielsweise Berlin, Braunschweig Salzgitter Wolfsburg, Nürnberg sowie das Ruhrgebiet (Köln, Düsseldorf und Mönchengladbach).[6]

[3] Eurostat, 2019a; Eurostat, 2019b.
[4] Eurostat, 2019c.
[5] Eurostat, 2013.
[6] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2016.

# 1.2 Der Begriff der urbanen Energiewende

Die urbane Energiewende findet in verdichteten Lebensräumen statt und wird durch die Kommunalpolitik und die Verwaltungen sowie die lokale Wirtschaft und die Bürgerinnen und Bürger vor Ort gestaltet. Ihre spezifischen lokalen Ausgestaltungsformen können aufgrund der örtlichen Gegebenheiten sehr unterschiedlich ausfallen. Die urbane Energiewende ist die Gesamtheit aller Maßnahmen und Umsetzungsprojekte im urbanen Raum, die zum Gelingen der Energiewende beitragen. Sie ist kein autarkes System, sondern als eine Vielzahl von vernetzten Teilsystem zu begreifen. Umso wichtiger ist es deshalb, dass die urbane Energiewende integriert – in Bezug auf die Sektoren Energie, Gebäude, Verkehr und Industrie – umgesetzt wird.

Um die sowohl im internationalen als auch im nationalen Kontext formulierten Klimaschutzziele zu erfüllen, muss der Energiesektor einen entscheidenden Beitrag leisten und sich zu einer $CO_2$-armen und langfristig klimaneutralen Energieversorgung entwickeln. Dieser gesamtgesellschaftliche Transformationsprozess hat starke Auswirkungen auf urbane Energie- und Verkehrssysteme, welche für einen Großteil der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich sind. Deshalb ist die urbane Energiewende zentraler Aktionsraum für die Erreichung der Energie- und Klimaschutzziele. Zudem sind urbane Räume wichtige Testlabore für integrierte, sektorenübergreifende Lösungen und damit Schlüssel für die Energiewende im ganzen Land.

Wichtige Fragen in diesem Zusammenhang sind: Wie werden die Infrastrukturen für Strom, Wärme und Gas, für Wohnen, Arbeiten und Verkehr im Sinne einer integrierten Energiewende weiterentwickelt? Wie kann der Anteil an erneuerbaren Energien in allen Bereichen erhöht werden? Wie lassen sich beispielsweise Wärmespeicher, Elektrofahrzeuge oder elektrische Anlagen in Haushalten und Unternehmen als Flexibilitätsoption für das Stromnetz nutzen? Wie erleichtert Digitalisierung das Zusammenspiel der verschiedenen dezentralen Elemente im Energiesystem? Und wie kann im Zuge dieses Wandels die Lebensqualität in Städten erhöht werden?

Die urbane Energiewende ist kein Selbstzweck, sondern ein Werkzeug, um den Herausforderungen der Transformation zu einem langfristig klimaneutralen, sicheren und bezahlbaren Energie- und Wirtschaftssystem zu begegnen.

# 1.3 Einbettung der urbanen Energiewende in übergeordnete Klimaschutzziele

Zum Erreichen des langfristigen Gesamt-Klimaschutzzieles der „Treibhausgasneutralität“ in Europa im Jahr 2050 müssen die Emissionen in der Energiewirtschaft sowie die energiebedingten Emissionen im Gebäude- und Verkehrsbereich sowie in Industrie und Wirtschaft praktisch vollständig vermieden werden. Bereits bis 2030 sind deutliche THG-Reduktionen in den genannten Sektoren notwendig, um die gesetzten Ziele zu erreichen. Die Bundesregierung hat 2019 ein **Klimakabinett** eingesetzt, welches im Oktober 2019 das **Klimaschutzprogramm 2030** beschlossen hat. Darin sind konkrete Maßnahmen zur Reduzierung der THG-Emissionen in den einzelnen Sektoren beschrieben. Bis Ende 2019 sollen das damit verknüpfte **Klimaschutzgesetz** sowie einzelne **gesetzliche Regelungen** zu den Maßnahmen verabschiedet werden.

Der von der Bundesregierung im November 2016 verabschiedete **Klimaschutzplan 2050** (KSP) definiert für Deutschland erstmals auch konkrete $CO_2$-Minderungsziele für die Sektoren Gebäude, Verkehr, Kleinindustrie, Landwirtschaft und Abfall (Non-ETS-Bereich). Auf den Gebäudesektor entfielen im Jahr 2014 mit 119 Mio. t $CO_2$e rund 13 Prozent der deutschen Treibhausgasemissionen.[7] Dieser Wert soll nach den Zielsetzungen im KSP bereits bis 2030 auf 70 Mio. t $CO_2$e sinken, was einer Minderung von rund 67 Prozent gegenüber 1990 (bzw. noch verbleibenden 40 Prozent gegenüber 2014) entspricht. Auf den Verkehrssektor entfielen im Jahr 2017 rund 167 Mio. t $CO_2$e-Emissionen. Damit ist er noch weit entfernt von der Zielmarke für 2030 in Höhe von 95 Mio. t $CO_2$e (entspricht minus 42 Prozent gegenüber 1990). Parallel hierzu bestehen große Herausforderungen, die aus dem Anstieg des Verkehrsaufkommens resultierenden Lärm-, Feinstaub- und Stickstoffdioxidemissionen zu reduzieren.

Zusätzlich zu den im Europäischen Emissionshandelssystem (ETS) definierten Reduktionszielen für Energiewirtschaft und emissionsintensive Industrien hat die EU im Rahmen der **EU-Lastenteilungsentscheidung („Effort Sharing Decision“, ESD)** verbindlich Emissionsreduktionsziele für die Mitgliedsstaaten vorgeschrieben. Nach dem im Rahmen der **EU-Klimaschutzverordnung** vereinbarten Verfahren liegt die Reduzierung der THG-Emissionen bzw. die Einhaltung definierter Jahresbudgets für den $CO_2$e-Ausstoß im Non-ETS-Bereich in der Verantwortung der Mitgliedsstaaten. Deutschland hat sich für diese Sektoren gegenüber dem Jahr 2005 zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 14 Prozent bis zum Jahr 2020 und um 38 Prozent bis zum Jahr 2030 verpflichtet.[8] Die Einhaltung der Einsparziele ist für jedes einzelne Jahr verbindlich: Emittiert ein Land über das vorgesehene Budget hinaus Treibhausgase, muss es die Mehremissionen durch Zukäufe entsprechender Emissionszuweisungen aus anderen Mitgliedsstaaten kompensieren. Eine Nichteinhaltung der für Deutschland verpflichtend gesetzten THG-Reduktionsziele wird daher zukünftig nicht nur indirekte Kosten durch den fortschreitenden Klimawandel verursachen, sondern auch direkte. Für Deutschland könnte eine Nichteinhaltung der Emissionsbudgets nach aktuellen Entwicklungen zu Kosten von 5 bis 30 Mrd. Euro im Zeitraum 2021 bis 2030 führen.[9]

[7] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2016.
[8] Europäische Kommission, 2019a.
[9] Öko-Institut e.V., 2019.

### Die Rolle der Städte zur Erreichung der Klimaziele ist nicht explizit definiert

Strategische Grundlage und regulatorischen Rahmen für diese Transformation auch im urbanen Raum bilden somit die oben beschriebenen übergeordneten Vorgaben des Bundes und der EU sowie weitere Papiere der Bundesregierung wie beispielsweise die Energieeffizienzstrategie Gebäude[10] und das Grünbuch Energieeffizienz.[11]

Eine Formulierung von Reduktionszielen etwa für Gebäude und Verkehr in urbanen Räumen erfolgte jedoch nicht. Auch wenn man daraus schließen kann, dass die THG-Minderungsziele proportional als Vorgabe für die Energiewende in den Städten gelten müssten, fehlt eine integrierte politische Strategie zur querschnittlichen Umsetzung der Energiewende in den urbanen Räumen.

Viele Städte und Kommunen haben sich jedoch eigene Emissionsreduktionsziele im Rahmen ihrer Energie- und Klimaschutzpläne gesetzt.

Für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende in Deutschland kommt daher der Reduzierung von THG-Emissionen bei der Energieerzeugung und -bereitstellung in urbanen Räumen besondere Bedeutung zu, insbesondere für Raumwärme und -kälte in Gebäuden sowie für Mobilitätsanwendungen. Gleichzeitig sind aber aufgrund der Besonderheiten im urbanen Raum – beispielsweise hohe Bevölkerungsdichte, enge Bebauung, dichter Verkehr – bei der Auswahl geeigneter Veränderungsmaßnahmen weitere „Zieldimensionen“ wichtig.

## Kommunale Selbstverwaltung

Das Recht auf kommunale Selbstverwaltung hat in Deutschland seinen Ursprung bereits Anfang des 19. Jahrhunderts und ist heute als eines der Grundprinzipien der Demokratie im Grundgesetz Art. 28 Abs. 2 GG verankert: „Den Gemeinden muss das Recht gewährleistet sein, alle Angelegenheiten der örtlichen Gemeinschaft im Rahmen der Gesetze in eigener Verantwortung zu regeln. Auch die Gemeindeverbände haben im Rahmen ihres gesetzlichen Aufgabenbereiches nach Maßgabe der Gesetze das Recht der Selbstverwaltung.“ Neben diesem grundlegenden Recht auf Selbstverwaltung wird dem Bund durch Art. 84 Abs. 1 Satz 7 GG eine Aufgabenübertragung auf die kommunale Ebene untersagt. Dies soll Kommunen und Gemeinden u. a. vor einer Überlastung durch Aufgabenzuweisung schützen. Eine Aufgabenübertragung ist nur mit Zustimmung des Bundesrates und unter Wahrung des Konnexitätsprinzips möglich. Die Ausgestaltung des Art. 28 Abs. 2 GG erfolgt auf Landesebene. Hierbei muss jedoch nach Art. 28 Abs. 2 Satz 3 die finanzielle Eigenverantwortung gewährleistet sein: „Die Gewährleistung der Selbstverwaltung umfasst auch die Grundlagen der finanziellen Eigenverantwortung […].“

Im Bereich Klimaschutz liegt die wesentliche Gesetzgebungskompetenz auf Bundesebene. In ihrem Gestaltungsspielraum haben sich einige Bundesländer jedoch ergänzend eigene Klimaschutz- und Energiegesetze gegeben. Auch die Kommunen haben durch das Recht auf Selbstverwaltung Gestaltungsmöglichkeiten im Klimaschutz, beispielsweise im Rahmen von Bebauungsplänen, städtebaulichen Verträgen, Satzungen und bei der Kontrolle von Bauausführungen. Bebauungspläne bieten die Möglichkeit, im Rahmen eines konkreten Bauvorhabens bauliche Standards zu vereinbaren, die über die gesetzlichen Vorgaben hinausgehen (z. B. Energieverbrauchskennzahlen, Nutzung regenerativer Energien). In Satzungen kann außerdem z. B. ein Anschluss- und Benutzungszwang für vorhandene oder geplante Nah- bzw. Fernwärmenetze festgeschrieben werden.

Zusätzlich zu rechtlichen Maßnahmen können Kommunen durch eine klimafreundliche öffentliche Beschaffung und Energieeffizienzmaßnahmen in kommunalen Liegenschaften eine wichtige Vorbildfunktion einnehmen. Außerdem haben sie durch kommunale Eigenbetriebe (Stadtwerke) direkte Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten in Bezug auf den kommunalen Umwelt- und Klimaschutz.

[10] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015.
[11] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2016b.

## Grundlage für integrierte Stadtentwicklung auf europäischer Ebene durch Leipzig-Charta gelegt

Die Bedeutung einer integrierten – im Sinne einer an den Zielen der Nachhaltigkeit ausgerichteten, bürgerorientierten und fachübergreifend konzipierten – Stadtentwicklungsplanung wurde im Jahr 2007 von den 27 in Europa für Stadtentwicklung zuständigen Ministerinnen und Ministern bei der gemeinsamen Verabschiedung der „Leipzig-Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt“ hervorgehoben.

Wesentliche Aspekte der Leipzig-Charta[12] sind beispielsweise,

- dass eine „Renaissance der Stadtkerne“ im Sinne einer Stärkung von Innenstädten angestrebt werden solle: die „kompakte europäische Stadt“ könne einen Beitrag zum Klimaschutz durch weniger Stadtverkehr und weniger Flächenversiegelung auf der „grünen Wiese“ leisten;
- dass Partizipation für gute Stadtentwicklung erfolgskritisch ist: durch Beteiligung von Bürgerinnen und Bürger und Anerkennung von Zivilgesellschaft und Wirtschaft als „Partnern für eine Stadtentwicklungspolitik der Zukunft“ wird größere Akzeptanz und Planungs- und Investitionssicherheit erreicht;
- dass Städte lokale und stadtregionale Partnerschaften auf der Basis eines fairen Interessenausgleichs und mit „Verantwortung für den territorialen Zusammenhalt“ eingehen müssten: die lokale und stadtregionale Abstimmung muss gestärkt und gleichberechtigte Partnerschaften zwischen Stadt und Land und zwischen Klein-, Mittel- und Großstädten innerhalb von Stadt- und Metropolregionen entwickelt werden;
- dass es benachteiligte Stadtquartiere gibt und dass es öffentliche Aufgabe ist, sich um diese Viertel zu kümmern: es dürfe in Europa keine „no go areas“ geben, die Bekämpfung sozialer Ausgrenzung in Städten durch soziale und kulturelle Integration benachteiligter Stadtteile sei integraler Bestandteil der europäischen Wertegemeinschaft, zudem können benachteiligte Stadtbezirke die Attraktivität, Wettbewerbsfähigkeit, sozialen Integrationskräfte und Sicherheit ganzer Städte gefährden.

Der in der Leipzig-Charta dargestellte integrierte, ganzheitliche Ansatz zur Weiterentwicklung von urbanen Räumen hin zu mehr Nachhaltigkeit unter hoher Beteiligung und Integration der Bürgerinnen und Bürger lässt sich gut auch auf Ansätze und Projekte der (urbanen) integrierten Energiewende übertragen.

[12] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2007.

# 1.4 Strategischer Orientierungsrahmen: Fünf Zieldimensionen der urbanen Energiewende

Aus den nationalen und europäischen Klimaschutzzielen, aber auch aus landesspezifischen und kommunalen Energie- und Klimaschutzplänen entstanden in der jüngeren Zeit zahlreiche Ansätze für eine integrierte Stadtentwicklung im Sinne der Leipzig-Charta. Dabei haben sich viele Städte konkrete eigene Ziele gesetzt, die über die nationalen Minderungsziele und Vorgaben zum Klimaschutz hinausgehen. Diese Ziele beinhalten beispielsweise messbare Vorgaben für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen, die Steigerung des Anteils an erneuerbaren Energien, die Steigerung der Energieeffizienz oder die Vermeidung und Verlagerung von Verkehrsströmen.

In den letzten zehn Jahren wurden daher in vielen Städten konkrete Konzepte erarbeitet und die lokalen Akteure haben verschiedene Umsetzungsprojekte begonnen bzw. bereits abgeschlossen. Bei der Auswertung zahlreicher Praxisbeispiele wurden im dena-Projekt Urbane Energiewende spezifische Aspekte identifiziert, die auf die erfolgreiche Umsetzung der urbanen Energiewende einzahlen.

Als strategischer Zielrahmen sowie als Hilfsmittel für die lokalen Akteure zur operativen Orientierung bei der Einordnung und Bewertung von konkreten Ansätzen und Projekten bzw. Projektvorschlägen wurde im Rahmen dieses Projekts das hier vorgestellte Schema mit fünf Zieldimensionen – Klimaschutz, Energiesystem, Lebensraum Stadt, Wirtschaftlichkeit sowie Übertragbarkeit und Skalierbarkeit (Hebelwirkung) – entwickelt.

Ziel war dabei ein einfaches, pragmatisch anwendbares Hilfsmittel zur raschen Prüfung von Vorschlägen, Maßnahmen und Projekten in der Praxis. Dieses Schema soll den Akteuren in der Praxis eine Bewertung möglicher Ansätze und Konzepte sowie konkreter Projekte ermöglichen.

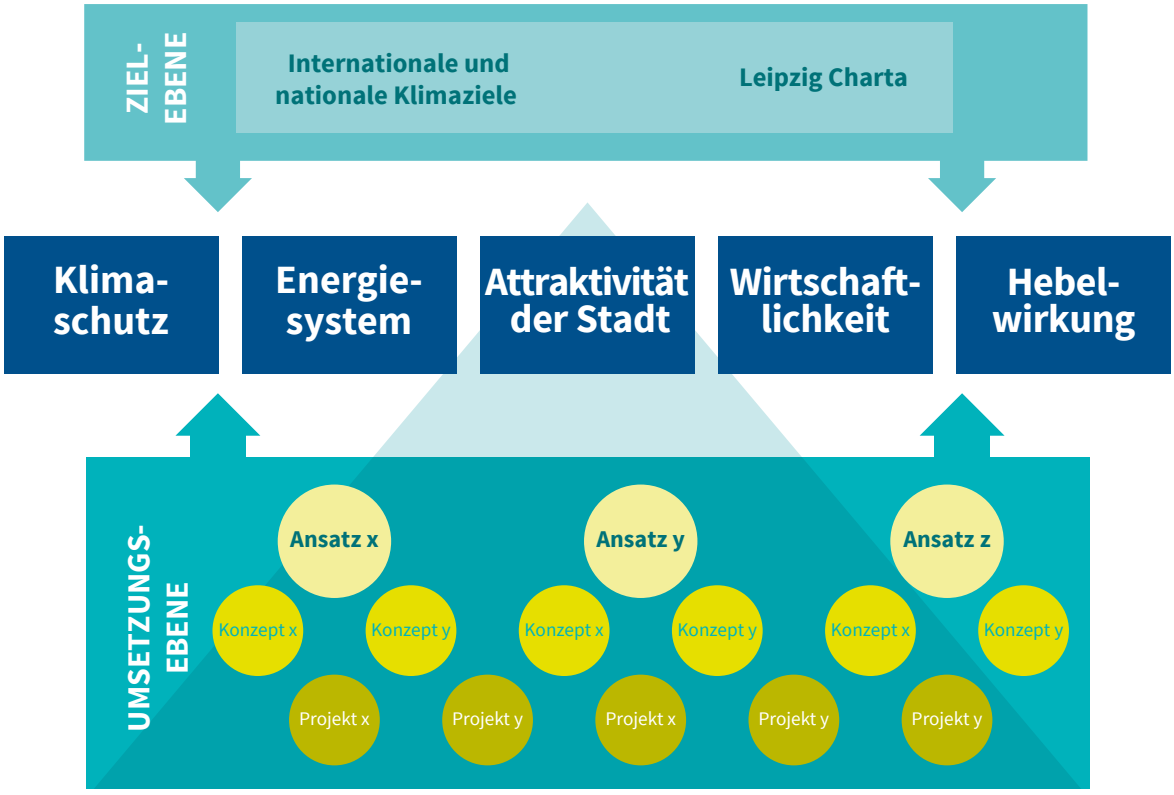



**Abbildung 2:** Leitbild Urbane Energiewende, Quelle: Eigene Darstellung

Auf Grundlage der Zieldimensionen können Ansätze und Konzepte in der Praxis indikativ-qualitativ bewertet werden, um eine Einschätzung darüber zu erhalten, in welchem Maße der bewertete Ansatz bzw. das betrachtete Konzept positiv auf die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende in der Stadt und die Weiterentwicklung der Stadt selbst einzahlt.

Jede dieser fünf Zieldimensionen Klimaschutz, Energiesystem, Attraktivität der Stadt, Wirtschaftlichkeit sowie Übertragbarkeit und Skalierbarkeit (Hebelwirkung) wurde durch vier Merkmale charakterisiert. Zu jedem dieser Merkmale wurde eine positive Aussage formuliert, die dann mithilfe einer Likert-Skala bewertet wurde. Die Anwendung dieser Methodik ist detailliert in Teil B des Berichts beschrieben, im Folgenden werden die Zieldimensionen genannt und die Inhalte jeder Gruppe beschrieben.

### 1.4.1 Klimaschutz

In der Zieldimension Klimaschutz werden Maßnahmen zur Reduktion der $CO_2$-Emissionen zur Begrenzung des anthropogenen Klimawandels untersucht. Eine große Herausforderung sind dabei die „nachhaltige" Bewertung der erreichten THG-Minderung sowie die Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus. Um dies zu erreichen, müssen mehrere Unterkategorien betrachtet werden.

- **$CO_2$-Vermeidung:** Ansätze und Konzepte müssen hinsichtlich ihres Potenzials zur $CO_2$-Vermeidung untersucht werden. Geeignete Maßnahmen, um dieses Ziel zu erreichen, sind neben der Substitution von fossilen Energieträgern durch erneuerbare, $CO_2$-arme oder $CO_2$-neutrale Energieträger insbesondere die Reduktion des Energiebedarfs sowie die Umstellung von Produktionsprozessen.
- **Unabhängigkeit:** Die durch den Ansatz bzw. das Konzept erreichte $CO_2$-Vermeidung sollte möglichst direkt und unabhängig von vor- und nachgelagerten Prozessen erfolgen. Ein Konzept kann nicht zur Erreichung Klimaschutz beitragen, wenn lediglich $CO_2$-Emissionen in andere Bereiche verlagert werden. Dies berührt auch Aspekte der Quell- gegenüber der Verursacherbilanzierung von $CO_2$-Emissionen.
- **Rebound-Effekte:** Auch mögliche Rebound-Effekte sind für eine Beurteilung heranzuziehen. So ist die Nachhaltigkeit nur gegeben, wenn direkte und indirekte Rebound-Effekte möglichst weitgehend vermieden werden. Auf das Nutzerverhalten der Verbraucherinnen und Verbraucher ist grundsätzlich nicht unmittelbar Einfluss zu nehmen, jedoch sollte bei Entscheidungen abgewogen werden, ob durch Implementierung von Konzepten oder Einführung von neuen Technologien tatsächlich der Klimaschutz gefördert wird.
- **$CO_2$-Fußabdruck:** Ausgewählte Technologien sollten einen geringen $CO_2$-Fußabdruck im gesamten Produktlebenszyklus verursachen. Die $CO_2$-Emissionen sind insbesondere bei Herstellung und Inbetriebnahme sowie bei Außerbetriebnahme am Ende der Nutzungsdauer in Summe möglichst gering.

### 1.4.2 Energiesystem

Das Energiesystem als weitere Zieldimension muss zukünftig zahlreichen Herausforderungen begegnen. Ansätze und Konzepte für die urbane Energiewende müssen dem Energiesystem dienlich eingesetzt werden. So erfordern beispielsweise der steigende Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien und die Außerbetriebnahme zentraler steuerbarer Großkraftwerke eine übergeordnete intelligente Verknüpfung von Erzeugung, Verteilung und Verbrauch.

- **Flexibilität:** Im Energiesystem müssen Flexibilitätsoptionen integriert werden. Diese ermöglichen, dass sich der Energiebedarf oder die Energiebereitstellung flexibel an Bedingungen „von außen" anpassen. So kann gewährleistet werden, dass die vorhandenen Kapazitäten von Infrastrukturen und technischen Anlagen bestmöglich ausgelastet und mögliche Engpässe reduziert bzw. vermieden werden. Flexibilitätsoptionen bestehen beispielsweise durch zeitliche Lastverschiebung, kurzfristige Energiespeicherung oder durch Verschiebung von Energieflüssen zu anderen Energieinfrastrukturen (Sektorenkopplung).
- **Erneuerbare Energien:** Eine zunehmende Integration erneuerbarer Energien in das Energiesystem ist unverzichtbar, um die Klimaschutzziele einzuhalten. Hierzu muss die Primärenergiebereitstellung durch erneuerbaren Strom, erneuerbare gasförmige und flüssige Energieträger sowie erneuerbare Wärme erhöht werden. Zudem müssen die infrastrukturellen Speicher-, Transport- und Verteilkapazitäten optimiert und eine bessere (flexible) Aufnahme des fluktuierenden Dargebots erreicht werden.
- **Versorgungssicherheit:** Die Bewahrung der Versorgungssicherheit hat vor allem in urbanen Räumen aufgrund ihrer hohen Verdichtung und der sensiblen – von zeitgerechter Bereitstellung von Wärme oder Elektrizität abhängigen – Infrastrukturen höchste Priorität. Unter Erhöhung der Versorgungssicherheit verstehen wir die Stärkung von Stabilität und Ausfallsicherheit, die Verbesserung systemischer Resilienz und Anpassungsfähigkeit, den Beitrag zur Abdeckung einer langfristigen Dunkelflaute sowie die Erhöhung der technischen Systemsicherheit und den Schutz vor (Cyber-)Angriffen und Extremwetterereignissen.

- **Endenergiebedarf:** Außerdem sind Ansätze und Konzepte auf die Reduzierung des Endenergiebedarfs auszurichten. Eine Senkung des Energiebedarfs kann, beispielsweise durch Veränderung des Nutzerverhaltens sowie durch effizienzerhöhende Maßnahmen und Verbesserungen bezüglich der eingesetzten Technologien und Prozesse, erreicht werden.

### 1.4.3 Attraktivität der Stadt

Zusätzlich zu den eher „nach außen“ wirkenden Dimensionen der Unterstützung bei der Erreichung der Klimaziele und den technischen Herausforderungen der Energiesystemwende müssen die Ansätze und Konzepte zur Umsetzung der urbanen Energiewende auch positiv „nach innen“ auf die Stadt selbst wirken. Diese Aspekte der Wirkung auf das unmittelbare Stadtleben und das Wohlbefinden der Bewohnerinnen und Bewohner haben wir in der Zieldimension „Attraktivität der Stadt“ zusammengeführt.

- **Lokaler Umweltschutz:** Die Sicherung und Erhöhung des lokalen Umweltschutzes und damit die Erreichung der ökologischen Ziele der Stadt beispielsweise durch die Reduzierung lokaler Emissionen und Luftschadstoffe muss in jeder technischen Lösung berücksichtigt werden und ist daher ein wichtiger Bestandteil bei der Evaluierung von Konzepten. Darüber hinaus müssen negative Auswirkungen auf die Umwelt durch Umsetzung von urbanen Energiewendeprojekten vermieden bzw. minimiert werden. Der Schutz der Stadtnatur und Biodiversität sowie die Erhöhung der Stadtbegrünung sollten berücksichtigt und gefördert werden.
- **Lebens- und Aufenthaltsqualität:** Außerdem ist für die Attraktivität der Stadt auch die Lebens- und Aufenthaltsqualität der Bürgerinnen und Bürger von Bedeutung. Ansätze und Konzepte müssen möglichst so geplant und umgesetzt werden, dass deren Lebensqualität gesteigert und die Erreichung sozialer Ziele berücksichtigt wird. Hierzu gehört neben der Erhöhung der Attraktivität als Wohn- und Arbeitsort auch die Schaffung von Freiräumen für den Freizeitausgleich. Das Zusammenbringen von Leben und Arbeit führt zu einer Optimierung und Reduzierung von Verkehren. Bei der Gestaltung von öffentlichen Räumen sollten daher die verschiedenen Interessen Berücksichtigung finden und Nutzungskonkurrenzen ganzheitlich beurteilt werden.
- **Partizipation:** Bedeutend für den Umsetzungserfolg von (urbanen) Energiewendeprojekten ist die Möglichkeit der Partizipation der Bürgerinnen und Bürger. Durch die Möglichkeit der aktiven Mitgestaltung und Einbindung in die Entscheidungsfindung werden Transparenz und Akzeptanz gefördert und es können Klagen während der späteren Plan- und Feststellungsverfahren reduziert werden.
- **Teilhabe:** Auch das Angebot einer direkten oder indirekten – oft ökonomischen – Teilhabe kann fehlende gesellschaftliche Akzeptanz am Projekt reduzieren. Mitnutzung, Sonderkonditionen oder Beteiligung können geeignete Maßnahmen zur Teilhabe darstellen.

### 1.4.4 Wirtschaftlichkeit

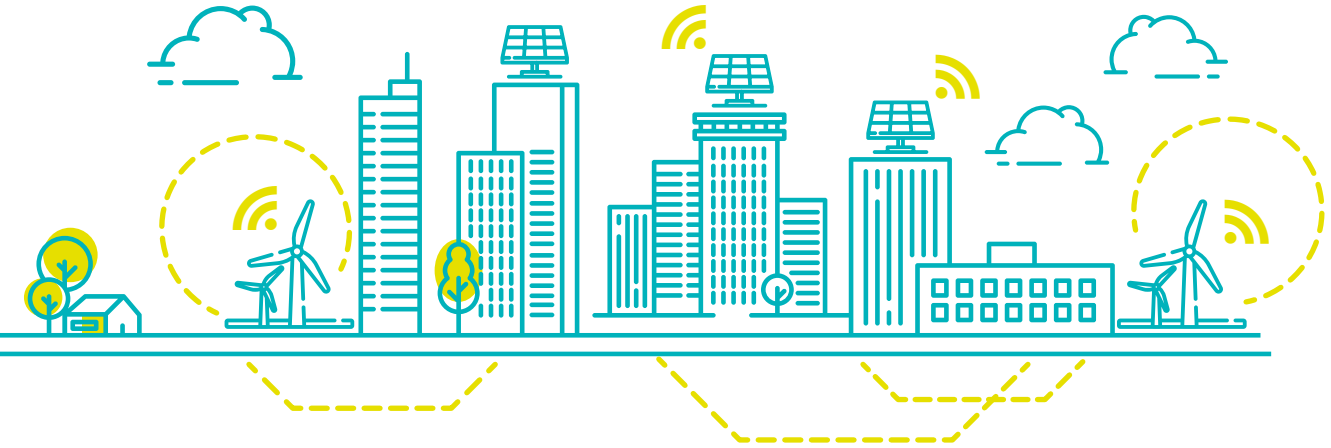
Für die Umsetzung von Ansätzen und Konzepten der urbanen Energiewende ist neben ihrem Beitrag zur Erreichung der inhaltlichen Ziele in den Dimensionen Klimaschutz, Energiesystem und Attraktivität der Stadt als unabdingbare Sine-qua-non-Bedingung auch die Wirtschaftlichkeit bzw. Finanzierbarkeit maßgeblich. Hierbei kommt es darauf an, dass die notwendige Versorgung mit Energie für die Verbraucher bezahlbar bleibt und dass die den Projekten zugrunde liegenden Geschäftsmodelle für Unternehmen und Investoren wirtschaftlich tragfähig sind. Zudem sollten die Projekte die Wertschöpfung auf kommunaler oder/und übergeordneter Ebene positiv beeinflussen. Teilweise sind die genannten vier Merkmale nicht immer gleichermaßen ausgeprägt – Konzepte können durchaus gesamtsystemisch bzw. volkswirtschaftlich vorteilhaft sein, auch wenn sie einzel-/betriebswirtschaftlich nicht wirtschaftlich tragfähig sind.

- **Anwender/Nutzer:** Die Wirtschaftlichkeit ist für die Anwender bzw. Nutzer gegeben. Optimalerweise entstehen durch das Konzept für die Anwender (Unternehmens-kunden, Kommunen, Bürgerinnen und Bürger) gleiche oder geringere Kosten im Vergleich zu bestehenden oder alternativen Konzepten.
- **Betreiber:** Für Betreiber ist das Konzept mit einem wirtschaftlich tragfähigen Geschäftsmodell verbunden und verspricht einen positiven Cashflow. Der zur Umsetzung benötigte Investitionsbedarf kann durch den Kapitalmarkt gedeckt werden und die erwartete Amortisationsdauer entspricht den Anforderungen der beteiligten Akteure.
- **Kommunale Wertschöpfung:** Die Kommune erlangt unmittelbare Vorteile durch die Umsetzung des Projekts. Die Lösungen leisten einen Beitrag zur lokalen Wertschöpfung und erhöhen damit kommunale Einnahmen, beispielsweise durch die Schaffung zusätzlicher Arbeitsplätze.
- **Volkswirtschaftliche Perspektive:** Die Maßnahmen haben volkswirtschaftlich geringere $CO_2$-Vermeidungskosten als Alternativoptionen oder/und es zeigt sich im Gesamtsystem ein positiver wirtschaftlicher Effekt.

### 1.4.5 Hebelwirkung

Um schließlich positiv auf die erfolgreiche Energiewende in Deutschland und die Erreichung der nationalen Klimaschutzziele zu wirken, ist eine breite Übertragbarkeit und Skalierbarkeit von Konzepten und konkreten Maßnahmen besonders wichtig. Hierfür müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein, die wir der Zieldimension „Hebelwirkung“ zuordnen.

- **Marktreife und Marktgängigkeit:** Im Themenfeld der Marktreife und Marktgängigkeit werden die eingesetzten Technologien in den Bereichen Anbieterbasis, Anbietervielfalt und Lieferfähigkeit untersucht. Weiterhin sind die Investitionssicherheit und das Vorhandensein notwendiger Zulassungen wesentliches Kriterium, um einen breiten Einsatz der Technologien und Konzepte zu gewährleisten.
- **Umsetzungsgeschwindigkeit/Einsetzbarkeit:** Zu betrachten ist außerdem, ob die Konzepte kurz- bis mittelfristig in einer Vielzahl von Kommunen umsetzbar sind. Dabei ist entscheidend, ob die Konzepte in unterschiedlichen Implementierungsumgebungen eingesetzt werden können. Hierbei ist vor allem zu prüfen, ob spezifische lokale, geologische oder infrastrukturelle Voraussetzungen bestehen. Die Abhängigkeit eines Konzepts von spezifischen Genehmigungen und langwierigen Planungsverfahren macht eine rasche, flächendeckende Umsetzung eher unwahrscheinlich.
- **Anpassbarkeit/„Konzeptresilienz“:** Ansätze und Konzepte der urbanen Energiewende müssen in vielen urbanen Räumen mit sehr unterschiedlichen Anforderungen und Umgebungsbedingungen werthaltig und dafür auch an lokale Besonderheiten anpassbar sein. Zudem sollte eine umgesetzte Maßnahme auch an sich im Zeitverlauf verändernde Umgebungsbedingungen – beispielsweise steigende oder sinkende Bevölkerungszahlen – angepasst werden können und dabei im Sinne einer No-regret-Maßnahme weiterhin werthaltig bleiben. Grundsätzlich ist auch zu beachten, dass sich die Konzepte in die Klimafolgeanpassung einfügen.
- **Skalierbarkeit:** Substanziell in der Zieldimension Hebelwirkung ist die Skalierbarkeit, also ob das Konzept im großen Umfang in einer Vielzahl von Städten übertragen werden kann. Maßnahmen und Konzepte müssen daher durch vertikale Skalierbarkeit (Vergrößerung) oder/und horizontale Skalierbarkeit (Vervielfältigung) auch in großem Maßstab und in vielen Kommunen eingesetzt werden können. Nur so sind die Vorrausetzungen erfüllt, die Technologie flächendeckend einzusetzen und signifikant zur Erreichung der Energiewende- und Klimaschutzziele beizutragen.



# A2 Das urbane Energiesystem

## 2.1 Status quo und Entwicklung des urbanen Energiesystems

Die erfolgreiche Transformation der urbanen Energiesysteme ist zum Erreichen der Klimaschutzziele von zentraler Bedeutung. In der Literatur werden urbane Energiesysteme definiert als kombinierte Prozesse der Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung sowie von Bezug und Einsatz von Energie, um die Nachfrage nach (Energie-)Dienstleistungen einer Stadt bzw. eines bestimmten Stadtgebiets zu decken.[13] Somit unterscheiden sich urbane Energiesysteme nicht grundlegend von anderen Energiesystemen. Dennoch zeichnen sie sich durch einige besondere Merkmale aus[14]:

- eine hohe Bevölkerungsdichte und einen daraus resultierenden hohen und vielfältigen Energiebedarf je Flächeneinheit,
- eine hohe Dichte an Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen bei gleichzeitig geringen Flächenpotenzialen für Erweiterungen,
- ein hohes Maß an Aufgeschlossenheit zum Austausch von Informationen und Ressourcen sowie
- eine hohe Konzentration von Wirtschafts- und Humankapitalressourcen, die mobilisiert werden können, um Innovationen und Übergangswandel zu initiieren.

Der urbane Raum benötigt Konzepte und Ansätze zur urbanen Energiewende, welche die unterschiedlichen Belange berücksichtigen und die vielfältigen Potenziale bestmöglich nutzen.

### Energieerzeugung und -bezug

Dabei benötigen Städte in den verschiedenen Sektoren in der Regel mehr Energie und Rohstoffe, als in der Stadt selbst zur Verfügung gestellt werden. Somit müssen Brennstoffe, elektrischer Strom und weitere Ressourcen wie Nahrungsmittel von der Stadtbevölkerung von außerhalb bezogen werden, oft aus dem direkten Umland. Für das urbane Energiesystem ist der unmittelbare Ausgleich von Energienachfrage und -angebot innerhalb der Stadt ebenso maßgeblich wie die Stadt-Umland-Beziehung, insbesondere zur Versorgung mit erneuerbaren Energien.

Wird der Energiefluss von Elektrizität betrachtet, stammen beispielsweise in Hamburg ca. 20 Prozent des Strombedarfs im Jahr 2018 aus Eigenerzeugung innerhalb des Stadtgebietes und 80 Prozent aus dem Umland. In Berlin wurden im Jahr 2016 rund 36 Prozent der Stromnachfrage aus Eigenerzeugung bereitgestellt, davon etwa 94 Prozent aus KWK-Anlagen und 6 Prozent aus erneuerbaren Energien.[15] Auch für weitere Sektoren gilt, dass ein Großteil des Energiebedarfs in die urbanen Räume importiert wird, beispielsweise als Gas (Erdgas und Biogas), Heizöl und Kraftstoffe, Kohle und Biomasse (z. B. Holzpellets).

[13] Keirstead, J., 2013.
[14] Grubler, et al., 2012.
[15] Stromnetz Berlin GmbH, 2019; Stromnetz Hamburg, 2019.

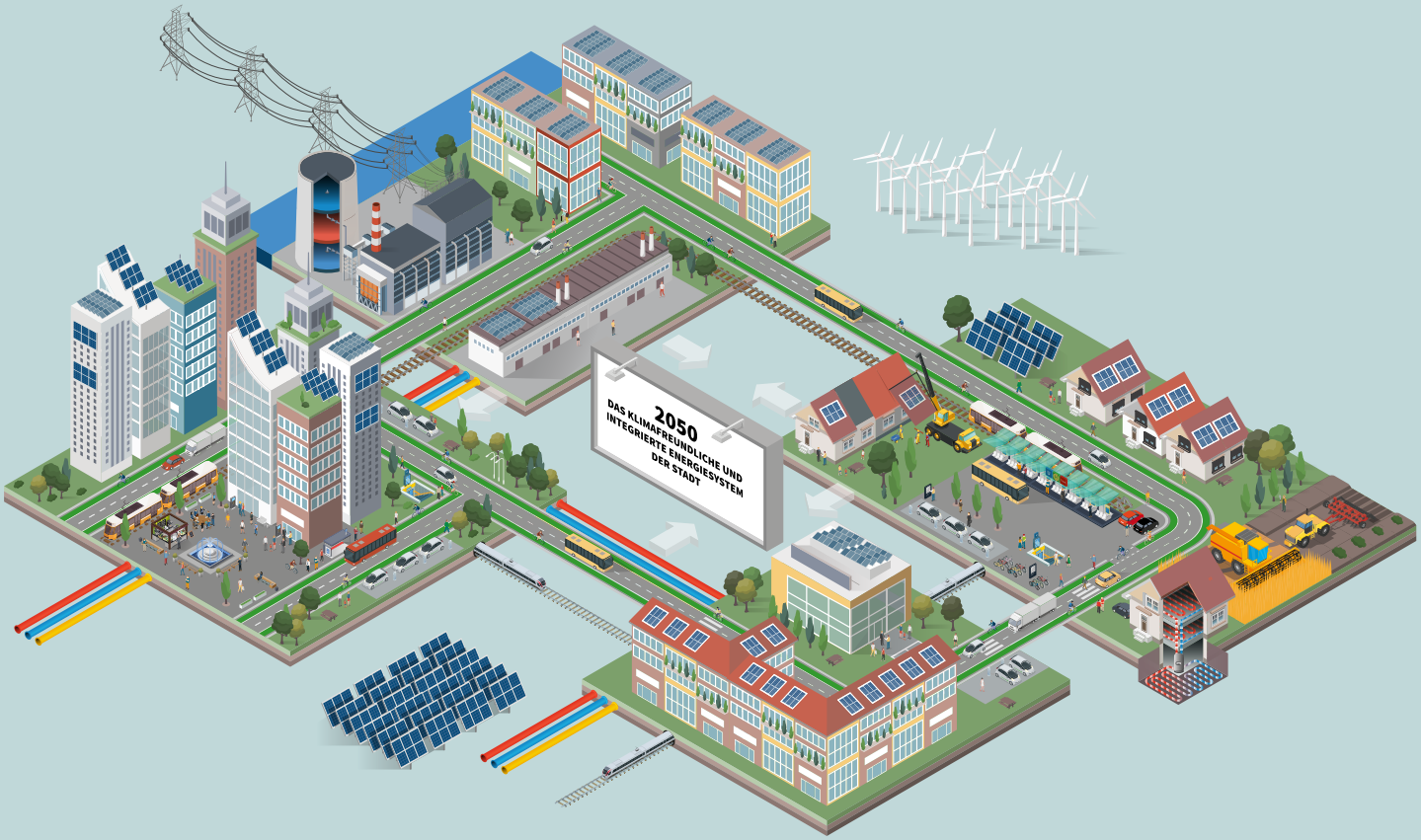



**Abbildung 3:** Das integrierte Energiesystem der Zukunft, Quelle: Eigene Darstellung

## Energieverteilung und -bereitstellung

Das urbane Energiesystem ist nicht nur geprägt durch gut ausgebaute und weitverzweigte Infrastrukturen für Strom, Wärme, Verkehr und Kommunikationssysteme, es werden auch vielfältige Technologien zur Bereitstellung, Speicherung und Umwandlung von Energie eingesetzt. Auch ist für das urbane Energiesystem charakteristisch, dass gut ausgebaute Infrastrukturen zum Umland existieren. Dabei lassen sich durch den hohen Energiebedarf im urbanen Raum oft Effizienzvorteile und Synergien durch Bündelung in der Energieversorgung und -verteilung sowie im Management der Energieverwendung erzielen. Auch das breite Spektrum an unterschiedlichen Energieanwendungen von industriellen Hochtemperaturprozessen bis hin zur Niedertemperatur-Raumwärmebereitstellung ermöglicht eine effiziente Steuerung der Energieflüsse und Kopplung der jeweiligen Energiequellen und -senken durch konventionelle Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) oder komplexere „Kaskadierung“ von Abwärme. Darüber hinaus sind Energieverteilnetze für die verschiedenen Medien neben der IT-Infrastruktur und weiteren Versorgungsinfrastrukturen häufig parallel verlegt und können einen hohen Grad der „Vermaschung“ aufweisen. Mit parallel bestehenden Infrastrukturen und deren Vermaschung geht eine Zunahme der Komplexität des urbanen Energiesystems einher. Gleichzeitig ergibt sich hierdurch aber auch ein hohes Potenzial zur Kopplung der Infrastrukturen für Strom, Gas und Wärme sowie für den Verkehrssektor in einem integrierten urbanen Energiesystem. Hierdurch können Ressourcen effizient eingesetzt und Infrastrukturen optimal genutzt werden.

In der Praxis werden solche Ansätze und Konzepte für verbesserte Integration und einen flexibleren Einsatz bereits erprobt (siehe Beispiel „GrowSmarter” in Teil B).

## Energieverwendung

Die Verbraucherstruktur in den Städten ist vielfältig. Neben Privatkonsumenten für Wärme, Strom und Kraftstoffe sind auch Industrien sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen für eine steigende Energienachfrage verantwortlich. Gleichzeitig nehmen aber auch immer mehr Akteure – Wohnungsbaugesellschaften, Genossenschaften, Contractoren oder Quartiersbetreiber – eine aktive Rolle im Energiesystem ein. Diese Akteure sind zunehmend nicht nur Energienachfrager, sondern im Sinne eines „Prosumers“ auch Energieerzeuger und Anbieter für flexible Energiespeicher und Lastverschiebepotenziale. Bisher werden die Verbraucher überwiegend aus großen Erzeugungsstrukturen versorgt, in Zukunft werden möglicherweise vermehrt verbrauchernähere kleinere Quartiers-, Wohnblock- oder gebäudeintegrierte Anlagen eingesetzt.

# 2.2 Übergeordnete politische Handlungsempfehlungen zur urbanen Energiewende

Zur erfolgreichen Umsetzung der für die gesamte nationale Energiewende zwingend notwendigen urbanen Energiewende(n) hat die dena gemeinsam mit den Projektpartnern die folgenden übergeordneten Empfehlungen abgeleitet. Sie richten sich an die politischen Entscheider auf Landes-, Bundes- und Europaebene und möchten diese unterstützen, den regulatorischen Rahmen so weiterzuentwickeln, dass die Akteure auf kommunaler Ebene – Kommunalpolitiker, kommunale und privatwirtschaftliche Unternehmen sowie die Bürgerinnen und Bürger – Maßnahmen zur urbanen Energiewende aktiv umsetzen können.

## 2.2.1 Die urbane Energiewende als querschnittliche Aufgabe verstehen

Die urbane Energiewende braucht gemeinsame Ziele. Um den Veränderungsbedarf für alle relevanten Handlungsräume darzustellen und Verbindlichkeit herzustellen, sollte die Bundesregierung die querschnittliche Perspektive der „Energiewende im urbanen Raum“ stärker in den Fokus nehmen und zur Erreichung der übergeordneten Ziele die Zusammenarbeit mit den Städten konkretisieren. Ganzheitliche Konzepte und die breite Einführung und Nutzung von Energie- und Klimaschutzmanagement-Systemen müssen gestärkt werden. Dadurch werden einerseits auch Städte motiviert, andererseits sollen aber auch notwendige Freiräume für individuelle Lösungen geschaffen werden, um spezifische lokale Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, beispielsweise die Vorteile der Nutzung von Geothermie in München oder Effizienzvorteile durch die Nutzung größerer Städteverbunde mit städteübergreifenden Fernwärmeschienen im Rheinland.

Ziel muss sein, die drei Säulen der integrierten Energiewende auch im urbanen Energiesystem zu verankern: erstens die weitere Erhöhung der Energieeffizienz; zweitens die direkte Nutzung erneuerbarer Energien durch erneuerbaren Strom, Solar- und Geothermie sowie Biomasse; drittens die Bereitstellung erneuerbarer gasförmiger und flüssiger Energieträger und Rohstoffe zur THG-armen Versorgung nicht elektrischer Anwendungen. Der politische Rahmen muss für die drei Säulen im urbanen Raum Investitionsanreize und Planungssicherheit gewährleisten.

### Handlungsempfehlungen

- **Energieeffizienz nachhaltig steigern:** Im Sinne des Prinzips „Efficiency First“ müssen ganzheitliche innovative Ansätze und Konzepte speziell für den urbanen Raum erarbeitet werden, die kurzfristig wirksam zu einer nachhaltigen Senkung des Energiebedarfs führen. Insbesondere in den Sektoren Gebäude und Verkehr müssen „gordische Knoten“ durchschlagen werden, um beispielsweise die Sanierungsraten signifikant zu erhöhen und die Energieeffizienz im Verkehr maßgeblich zu verbessern. Hierzu empfehlen wir der Bundesregierung die Initiierung zweier Stakeholder-Dialoge, um gemeinsam mit den Branchenexperten Konzepte und konkrete Umsetzungsvorschläge zu entwickeln.
- **EE-Potenziale im urbanen Raum ausschöpfen:** Es gibt vielfältige Konzepte und Ansätze für die Integration von erneuerbaren Energien im urbanen Raum. Für eine breite Umsetzbarkeit müssen Hemmnisse beseitigt und Nutzungskonkurrenzen im Sinne der ganzheitlichen Energiewende entschieden werden. Hierbei sollten insbesondere Ansätze entwickelt werden, wie bestehende Hemmnisse bei innerstädtischer Aufdach-Stromerzeugung beseitigt und innerstädtische (Ab-)Wärmequellen nutzbar gemacht werden können.
- **Erneuerbare gasförmige und flüssige Energieträger und Rohstoffe verfügbar machen:** Powerfuels, also aus erneuerbarem Strom erzeugte $CO_2$-freie gasförmige und flüssige Energieträger und Rohstoffe, können insbesondere dort für die urbane Energiewende eingesetzt werden, wo strombasierte Anwendungen nicht möglich oder nicht wirtschaftlich sind. Aufgrund ihrer „Drop in“-Fähigkeit können Powerfuels ohne Einschränkung in bestehende Infrastrukturen eingespeist und in bestehenden technischen Anlagen verwendet werden und so unmittelbar zur Senkung der THG-Emissionen im vorhandenen Anlagen- und Fahrzeugpark beitragen. Die hierfür benötigten Technologien sind weitgehend vorhanden, bedürfen aber eines zügigen Markthochlaufs, damit Praxiserfahrungen in den realen Netzen gemacht und weitere Innovationen und Skaleneffekte erzielt werden können.

### 2.2.2 Wirksame $CO_2$-Bepreisung im Non-ETS-Bereich setzen und politisch flankieren

Die Einführung einer $CO_2$-Bepreisung im Non-ETS-Bereich wird von den Projektpartnern als zentrales Element verstanden, um langfristige Planungs- und Investitionssicherheit zu erhöhen und Anreize zur Änderung des Verbrauchsverhaltens oder/und Umstellung technischer Anlagen zur Vermeidung von $CO_2$-Emissionen in den Sektoren Gebäude und Verkehr zu erreichen. Dabei kann sowohl die Einführung einer $CO_2$-orientierten Ausgestaltung der Energiesteuern als auch ein nationales Emissionshandelssystem so gestaltet werden, dass sich konkrete Lenkungswirkung entfaltet.

Die Bundesregierung hat mit der Veröffentlichung der „Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030“[16] (dem sogenannten „Klimapaket“) ein Bekenntnis zur Einführung einer $CO_2$-Bepreisung für die Non-ETS-Sektoren Verkehr und Wärme ab 2021 in Form eines nationalen Emissionshandelssystems (nETS) gegeben und gleichzeitig das Ziel einer EU-weit einheitlichen Regelung formuliert. Dabei sollen die Zertifikate in den ersten fünf Jahren zu jährlich steigenden Festpreisen zwischen 10 Euro pro Tonne $CO_2$ im Jahr 2021 bis 35 Euro im Jahr 2025 ausgegeben werden. Ab dem Jahr 2026 soll eine Handelsplattform für die Auktionierung der Emissionsberechtigungen aufgebaut werden, wobei für das erste Jahr ein Preiskorridor zwischen 35 und 60 Euro vorgesehen ist. Ob Minimal- und Maximalpreise auch nach 2026 gelten, soll im Jahr 2025 geprüft werden.

So positiv die hier formulierte Rahmensetzung insbesondere bezüglich der damit zumindest bis 2025 gegebenen Planungssicherheit für die Akteure ist, so negativ ist allerdings die Höhe des festgelegten Emissionspreises zu bewerten: Viele Experten konstatieren, dass das gewählte Preisniveau zu niedrig sei, um Lenkungswirkung entfalten zu können. Zum Vergleich: Im derzeitigen ETS für Energiewirtschaft und Industrie – also Sektoren mit tendenziell geringen THG-Minderungskosten und somit nur geringer Zahlungsbereitschaft – lag der Preis für $CO_2$-Emissionsrechte im gesamten bisherigen Jahr 2019 nur an wenigen Tagen im Februar unter 20 Euro pro Tonne $CO_2$, der Mittelwert lag in 2019 mit bisher 24,78 Euro je Tonne rund zweieinhalbfach so hoch wie der derzeit für 2021 geplante Einstiegspreis.[17] Um Lenkungswirkung zu entfalten, wird häufig ein $CO_2$-Preis größer 50 Euro genannt – dieses Preisniveau sollte daher schon deutlich vor 2026 erreicht werden.

## Handlungsempfehlungen

- **Wirksame $CO_2$-Bepreisung mit Steuerungswirkung ermöglichen:** Um die Akteure im urbanen Raum schnell zu $CO_2$-reduzierenden Maßnahmen zu motivieren und bereits kurz- und mittelfristig Wirkung zu erzielen, muss die politische Rahmensetzung langfristige Planungs- und Investitionssicherheit geben. Dabei muss der $CO_2$-Preis in der Höhe so gestaltet sein, dass er Steuerungswirkung entfalten kann, mit ihm Sektorenkopplung angereizt wird und er emissionsärmere Technologien und Energieanwendungen gegenüber emissionsintensiveren Optionen grundsätzlich wirtschaftlich vorteilhaft macht. Neben der $CO_2$-Bepreisung könnte punktuell auch das Ordnungsrecht gezielt den Investitionsspielraum verengen und dadurch den Akteuren Investitionssicherheit geben.
- **Flankierende politische Instrumente kontinuierlich nachverfolgen und schärfen:** Eine $CO_2$-Bepreisung muss aus heutiger Sicht durch politische Instrumente und Maßnahmen flankiert werden. Dabei sind solche Instrumente insbesondere dort notwendig, wo Marktversagen besteht (oder droht), beispielsweise wegen hoher Komplexität bei Infrastrukturen oder großen Bedarfs für Forschung und (Weiter-)Entwicklung der notwendigen Technologien. Dabei muss ein laufendes Monitoring sicherstellen, dass die einzelnen Maßnahmen und politischen Instrumente die damit verbundenen Erwartungen zur Emissionsminderung auch tatsächlich erfüllen. Nur dann werden die jährlichen $CO_2$-Emissionsbudgets auch tatsächlich eingehalten werden können und bei der Vielzahl der im Klimapaket skizzierten Maßnahmen diejenigen mit der besten Wirksamkeit (im Sinne von Effektivität) und höchsten Wirtschaftlichkeit (im Sinne von Kosteneffizienz) identifiziert und fortgesetzt werden können.

[16] Bundesregierung, 2019.
[17] Finanzen.net, 2019.

### 2.2.3 Optimale Integration lokaler Infrastrukturen sicherstellen

Urbane Energiesysteme zeichnen sich durch eine Vielzahl unterschiedlicher Infrastrukturen aus, die stark miteinander verwoben sind. Für das übergeordnete Ziel der $CO_2$-Reduktion in einem möglichst kosteneffizienten Gesamtsystem ist eine integrierte Nutzung technischer Ressourcen und Infrastrukturen sowie deren Weiterentwicklung entscheidend. Dabei geht es vor allem um die passende Art der Infrastruktur (beispielsweise die Abwägung zwischen Gas- oder Wärmenetzen), die passende Größe der Infrastruktur (beispielsweise durch Weiterentwicklung oder/und Ausbau) und die passende Vernetzung der Infrastrukturen untereinander, um „Ausgleich" zu ermöglichen (beispielsweise durch gasförmige und flüssige Energieträger und Rohstoffe). Zukünftige Versorgungskonzepte sollten darauf abzielen, die notwendige Infrastruktur für Energie-, Verkehrs- und Informationstechnologien integriert weiterzuentwickeln und optimiert zu nutzen.

## Handlungsempfehlungen

- **Klare Schnittstellen zwischen Infrastrukturen definieren:** Es ist notwendig, klare Regeln für die „Schnittstellen" zwischen Infrastrukturen zum Austausch von Informationen und Energie zu schaffen. Einheitliche Standards müssen den lokalen Akteuren ermöglichen, sowohl innerhalb ihrer Infrastruktur zu arbeiten und die Optimierung des Betriebs innerhalb ihrer (Teil-)Netzbereiche sicherzustellen als auch einen offenen, marktlich betriebenen Ausgleich zwischen Infrastrukturen unterschiedlicher Energieträger herzustellen. Hierfür sollte die Bundesregierung mit technischen Experten und Fachverbänden in einem kombinierten Prozess aus Studienerstellung und Stakeholder-Dialog prüfen, ob die bestehenden Schnittstellen mit Blick auf die urbane Energiewende die Zielerreichung unterstützen, und gegebenenfalls Anpassungsvorschläge erarbeiten.
- **Energieplanung sollte als Aufgabe der Stadtplanung in die Breite gebracht werden:** Ziel einer kommunalen Energieleitplanung ist eine integrierte urbane Infrastruktur für eine klimaneutrale regionale Energieversorgung, angepasst auf die Bedürfnisse vor Ort. So können beispielsweise der ganzheitliche Aus- und Umbau sowie ein optimierter Betrieb für Gas- und Wärmenetze, die Nutzung lokaler klimaneutraler Energiepotenziale erreicht und Angebot und Nachfrage besser miteinander verbunden werden. Diesbezüglich muss die integrierte Energieleitplanung im Stadtplanungsprozess als wichtige Planungsgröße verankert werden. Dies wird in der kommunalen Praxis bereits praktiziert, muss aber noch in die Breite gebracht werden. Die Bundes- und Landespolitik sollte hier die richtigen Anreize setzen.

### 2.2.4 Vernetzung der Akteure stärken und Erfahrungsaustausch ermöglichen

Die Auswertung der Praxisbeispiele hat gezeigt, dass es bei der lokalen Umsetzung innovativer Ansätze und Konzepte zur urbanen Energiewende häufig zu zeitlichen Verzögerungen und erhöhtem Verwaltungsaufwand kommt. Der hierdurch erhöhte Projektaufwand war in vielen Fällen darauf zurückzuführen, dass neue Energiewendeprojekte – beispielsweise der Einsatz von Wasser/Wasser-Wärmepumpen in Wasserschutzgebieten – mit ihren besonderen technischen, planerischen und administrativen Anforderungen für die beteiligten Akteure in den Planungsbüros, Handwerksbetrieben oder Verwaltungsbehörden oft nicht zum „alltäglichen Standard“ gehörten und das für Planung und Umsetzung notwendige besondere Fachwissen nicht vorlag. Verbunden mit der hohen organisatorischen Komplexität waren daher oft zeitintensive Koordinations- und Moderationsprozesse zwischen den beteiligten Akteuren notwendig. Gerade bei Projekten mit besonderen Anforderungen an Planungs- und Genehmigungsverfahren kam es zudem durch starre Vorgaben und geringe Abwägungsspielräume zu Hemmnissen und Verzögerungen. Teilweise führten auch aufwendige zusätzliche Gutachten und Untersuchungen – beispielsweise zum Artenschutz, bei Kampfmittelverdachtsflächen oder bei besonderen archäologischen Situationen – oder zusätzliche Auflagen bezüglich einer umfangreichen Freiflächenplanung zu erhöhten Aufwänden und Verzögerungen.

In Summe zeigt sich, dass die Umsetzung von innovativen Ansätzen und Konzepten unter den momentanen Rahmenbedingungen Akteure braucht, die eine hohe Bereitschaft haben, auch höheren personellen, administrativen und zeitlichen Aufwand in Kauf zu nehmen – und diesen auch finanziell abdecken können. Dabei zeigen die Praxisbeispiele aber auch, dass eine intensivere und im Projektverlauf frühere Vernetzung der relevanten Akteure im Planungsprozess für die erfolgreiche Projektumsetzung vorteilhaft ist. Die gemeinsame Planung der Schnittstellen zwischen den verschiedenen Gewerken (beispielsweise Brandschutz, Schallschutz, Energiesystemplanung, Flexibilität der Architektur) kann Kostensteigerungen und Zeitverzögerungen im Projektverlauf verhindern oder zumindest reduzieren.

## Handlungsempfehlungen

- **Vernetzung der Akteure verbessern und lokale Netzwerke bilden:** Für die erfolgreiche Umsetzung der urbanen Energiewende müssen alle beteiligten Akteure zusammenarbeiten, sich gegenseitig austauschen und gemeinsam neue Handlungsstrategien ausarbeiten. Um diese zielorientierte Koordination und Kooperation der Akteure untereinander zu ermöglichen, müssen sie „an einen Tisch gebracht“ werden. Hierfür müssen bereits bestehende Netzwerke lokaler Akteure gestärkt und neue Zusammenschlüsse entwickelt und gefördert werden, die den laufenden Austausch zwischen Kommunalpolitik und -verwaltung, kommunalen und privatwirtschaftlichen Unternehmen sowie Bürgerinnen und Bürgern ermöglichen. Für bestimmte Ansätze und Konzepte gilt dies gilt insbesondere (auch) im Verhältnis von Stadt und Umland.
- **Dialog und Erfahrungsaustausch zwischen Städten ermöglichen:** Konkrete Angebote zum Dialog und zur Nachahmung gelungener Projekte müssen für die Akteure weiter ausgebaut und verstetigt werden. Ein strukturierter und koordinierter Erfahrungsaustausch über verschiedene Städte hinweg wird bereits über „Städtenetzwerke“ organisiert. Diese müssen in ihrer Rolle als Know-how- und Erfahrungsträger durch Bund, Länder sowie die kommunalen Spitzenverbände und Forschungseinrichtungen gestärkt werden. Hierdurch kann auch über notwendige Veränderungen und Weiterentwicklungen zur Aus- und Weiterbildung der Akteure in Wirtschaft und Behörden bezüglich neuer Technologien und Ansätze diskutiert und gemeinsame Prozesse und Standardisierungen zur Reduzierung des Verwaltungsaufwands entwickelt werden.
- **Austausch über Forschungsergebnisse intensivieren und Know-how-Transfer sicherstellen:** Auch der Austausch über Forschungsergebnisse zur urbanen Energiewende muss intensiviert werden. Bestehende Forschungslücken müssen adressiert, neue Forschungs- und Entwicklungsdesigns wie z. B. Reallabore genutzt werden. Dabei muss insbesondere der Transfer neuer Erkenntnisse in die Praxis durch strukturierte Begleitforschung und Forschungskommunikation sichergestellt sein.

# A3 Stromversorgung im urbanen Raum

## 3.1 Bedeutung der Städte im Stromsystem

In Städten leben besonders viele Menschen dicht aufeinander – dies führt zu einer hohen Dichte von privaten Haushalten als Energieverbrauchern, aber auch einer großen Zahl von Unternehmen sowohl aus dem Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen als auch aus der Industrie (die Anzahl industrieller Unternehmensgründungen pro Beschäftigtem liegt in großen Städten um fast 40 Prozent über der in der übrigen Bundesrepublik[18]).

Städte haben hierdurch auf hochverdichteter Fläche einen signifikanten absoluten Anteil am Strombedarf in Deutschland: Im Jahr 2018 machten die beiden größten Städte Berlin und Hamburg mit 2,3 GW[19] und 1,9 GW[20] Maximallast mehr als fünf Prozent der Spitzenlast Deutschlands (rund 80 GW) sowie mit 13,5 TWh[21] und 11,9 TWh[22] mehr als vier Prozent des Jahresstromverbrauchs Deutschlands (rund 600 TWh) aus.

## 3.2 Status quo und Entwicklung der Stromversorgung in urbanen Räumen

Trotz der Verfügbarkeit immer energieeffizienterer Technologien und verschiedener Maßnahmen und Kampagnen für deren Einsatz und für energieeffizientes Verbrauchsverhalten zeigen viele Städte einen weiter **steigenden Strombedarf**. Gründe hierfür sind beispielsweise Bevölkerungszuwachs und neue Stromverbraucher sowie auch Rebound-Effekte. So war beispielsweise in Hamburg im Zeitraum 2012 bis 2016 ein Anstieg des Stromverbrauchs um 55 Mio. KWh zu verzeichnen, insbesondere bei Wohnen und Verwaltung.[23]

Demgegenüber steht ein vergleichsweise **geringes Potenzial zur Gewinnung erneuerbarer Energien** in dicht bebauten urbanen Räumen, die in Städten zudem häufig in kleinteiligen Anlagen mit geringen spezifischen Leistungswerten erzeugt werden. Die früher dominierende strukturelle Kopplung von großen Kraftwerken und Ballungsräumen – entweder durch unmittelbare räumliche Nähe oder direkt verbunden durch entsprechende Hochspannungsnetze – wird daher zunehmend durch eine mehrgliedrige Versorgung abgelöst, in der diese strukturelle Kopplung in Zukunft weniger eindeutig sein wird:

[18] Gornig, et al., 2018.
[19] Stromnetz Berlin GmbH, 2019.
[20] Stromnetz Hamburg, 2019.
[21] Stromnetz Berlin GmbH, 2019.
[22] Stromnetz Hamburg, 2019.
[23] Behörde für Umwelt und Energie Hamburg, 2018, S. 21.

Ein Teil des Energiebedarfs wird durch eine Vielzahl kleinerer EE-Anlagen – auf Freiflächen ebenso wie auf Dach und Fassadenflächen – sowie weiterhin durch kleinere BHKW und größere KWK-Anlagen innerhalb der Stadt gedeckt, ein Teil wird durch die zunehmende verteilte Erzeugung aus dem Umland der Stadt über Hoch- und Mittelspannungsnetze bereitgestellt, ein weiterer Teil durch überregionale Versorgung über Höchstspannungsnetze (beispielsweise aus Offshore-Windkraft). Bei der Stromerzeugung aus thermischen Kraftwerken und kleineren KWK-Anlagen wird es in Zukunft verstärkt darauf ankommen, Strom dort zu produzieren, wo Wärme benötigt wird. In Städten wird dadurch auch bei weiter steigender Nutzung von Fern- und Nahwärmenetzen die Versorgung kleinräumiger; zunehmend versorgen sich räumlich kleinere Siedlungseinheiten (Quartiere, Gebäudeensembles bis hin zum Einzelgebäude) selbst.[24] Städte werden aber weiterhin zu großen Teilen auf Stromimporte angewiesen sein.

## Erneuerbare Stromerzeugung in der Stadt

In den **Eckpunkten für das Klimaschutzprogramm 2030** hat das Klimakabinett betont, dass zur Erreichung eines Anteils von 65 Prozent erneuerbarer Energien am Stromverbrauch der zielstrebige, effiziente, netzsynchrone und zunehmend marktorientierte Ausbau der erneuerbaren Energien ein entscheidender Baustein sei. Deshalb gelte es, eine Reihe an Maßnahmen zur Erhöhung der **gesellschaftlichen Akzeptanz** für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien umzusetzen.[25] Dabei sind der weitere Ausbau der Erzeugungskapazitäten im ländlichen Raum und offshore sowie der damit verbundene notwendige Netzausbau auch für die urbane Energiewende entscheidend, um fehlende Energie zur Deckung des innerstädtischen Bedarfs zu importieren (siehe Teil B – Konzept „Import erneuerbarer Energien aus dem Umland“).

Zur Entwicklung von dezentralen Erzeugungskapazitäten in der Stadt bieten bislang ungenutzte Dachflächen große Potenziale für PV-Strom. **Eigenversorgungsmodelle** bringen als dezentrale Energieversorgung von Einfamilienhäusern oder Doppelhaushälften und **Mieterstrom**

## Innerstädtische EE-Stromerzeugung: Status und Potenziale am Beispiel von Berlin

In Berlin ist der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung gering: 2016 lag die Stromeinspeisung im Stadtgebiet aus PV-Anlagen bei rund 60, aus Windkraftanlagen bei rund 19 GWh – lediglich 0,6 Prozent des Gesamtstromverbrauchs von 12.515 GWh. Inklusive Abfallnutzung decken in Berlin erneuerbare Energien seit 2010 durchgehend rund 3 bis 4 Prozent des Strombedarfs.

Insbesondere das Potenzial zur PV-Stromerzeugung auf den Dächern Berlins scheint bei Weitem noch nicht ausgeschöpft: Im Jahr 2016 war nur auf etwa 2 Prozent der rund 560.000 Gebäude (ca. 320.000 Wohn- und 240.000 Nichtwohngebäude) eine Solaranlage installiert.

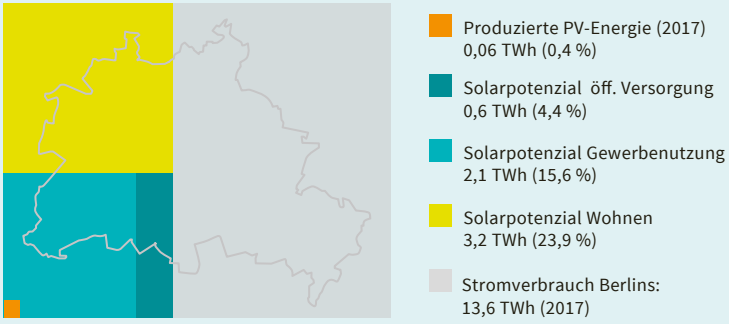



**Abbildung 4:** Verhältnisdarstellung des Stromverbrauchs und des Berliner Solarpotenzials für verschiedene Gebäudenutzungen, Quelle: HTW, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

[24] Deutsches Institut für Urbanistik, 2012.
[25] Bundesregierung, 2019.

als Versorgung von Mehrparteiengebäuden die Energiewende in die Städte und Ballungsräume. Lokal erzeugter Strom wird an die Verbraucher vor Ort geliefert – zur Stromversorgung der Eigentümer oder Mieter genauso wie für den Betrieb weiterer Anlagentechnik sowie von Wärmepumpen und E-Ladestellen (siehe Teil B).

Das **Potenzial von Mieterstrom** beläuft sich nach einer Studie im Auftrag des BMWi unter Berücksichtigung einschränkender Faktoren (die Anzahl der Wohnungen, Eigentumsverhältnisse, Sanierungszustand und Art des Daches sowie sonstige technische bzw. umfeldbezogene Einschränkungen) auf rund 3,8 Mio. Wohnungen in rund 370.000 Gebäuden deutschlandweit, dies entspräche knapp 10 Prozent des gesamten Wohnungsbestandes. Im Segment mit besonders günstigen wirtschaftlichen Bedingungen für Mieterstrom – Gebäude mit mehr als 13 Wohnungen – könnten in knapp 68.000 Gebäuden rund 1,5 Mio. Mieter von Mieterstrommodellen profitieren.[26] Grundsätzlich ist das Interesse der Wohnungswirtschaft an Mieterstrom groß. Laut einer Umfrage des Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) sehen rund 70 Prozent der befragten Wohnungsunternehmen die Stromversorgung von Mietern als ein künftiges Geschäftsfeld, 60 Prozent äußern zumindest Interesse an der Umsetzung eigener Mieterstromprojekte.[27] Weil oft die erforderlichen Kenntnisse fehlen und die Umsetzung sehr komplex ist, werden Mieterstrommodelle in über 70 Prozent der Fälle nicht selbst, sondern gemeinsam mit Energieversorgern oder Contracting-Dienstleistern realisiert.

## Herausforderungen für Infrastrukturen

Bedingt durch eine dichte Siedlungsstruktur befindet sich in verstädterten Gebieten eine große Anzahl dezentraler und volatil einspeisender Energieerzeugungs- und KWK-Anlagen sowie Speicher auf engem Raum, die in die Verteil- und Wärmenetze eingebunden werden müssen. Der Aufbau einer Ladesäuleninfrastruktur für Elektrofahrzeuge sowie das Management neuer Lasten wie der Elektromobilität und Power-to-Heat-Anlagen führen ebenfalls zu einem Weiterentwicklungsbedarf bei der Stromnetzinfrastruktur. Gleichzeitig sind im urbanen Raum die unterirdischen Flächen begrenzt und es existiert eine hohe Nutzungskonkurrenz aufgrund einer Vielzahl von Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen. So sind die Erweiterung oder Neuverlegung von Infrastrukturen oft nur im begrenzten Umfang realisierbar. Durch **intelligente Ansätze bei Netztechnik und Betriebsführung** kann der Netzausbaubedarf in urbanen Räumen begrenzt werden.

## Weiterentwicklungsbedarf für die Stromversorgung im urbanen Raum

Im Rahmen dieses Projekts wurden im Modul „System & Strom“ insbesondere die folgenden drei übergeordneten Trends betrachtet und Weiterentwicklungsbedarfe vor allem im Rahmen der folgenden drei Ansätze weiter untersucht:

1. Integrierte Konzepte im Quartier
2. Flexibilisierung des Stromverbrauchs und Anpassungsmöglichkeiten an EE-Strom-Erzeugung
3. Verschiebung von Lasten mit Infrastrukturkopplungs- bzw. Umwandlungstechnologien

Die Ansätze zu diesen Trends werden in diesem Kapitel nur kurz skizziert, weitere Details und konkrete Konzepte werden im Teil B dargestellt.

**1. Integrierte Konzepte im Quartier**

Integrierte Konzepte auf Quartiersebene (siehe Teil B – Konzept „Stromerzeugung und Speicherung für den Eigenbedarf innerhalb einzelner Gebäude“ sowie Konzept „Strom- und Wärmeversorgung für Quartiere“) ermöglichen, durch die Kopplung verschiedener Infrastrukturen und Technologien Strom oder Wärme direkt vor Ort zu erzeugen und im Quartier zu verbrauchen, zu speichern oder Überschüsse ins Netz einzuspeisen bzw. auf der Strombörse zu vermarkten. Dabei können beispielsweise in Mehrfamilienhäusern PV-Anlagen, BHKWs, Solarthermie-Anlagen oder Power-to-Heat-Anlagen mit stationären Speichern oder Ladestationen für Elektrofahrzeuge kombiniert werden. Eine intelligente Steuerung führt zu einem netzdienlichen Betrieb der einzelnen Anlagen. Ziel ist, den Verbrauch im Quartier so zu optimieren, dass Netzengpässe vermieden und die Versorgung mit erneuerbaren Energien im städtischen Raum erhöht wird. Das senkt die Energiekosten der Verbraucher und trägt zur Senkung von THG-Emissionen bei.

[26] Prognos AG und BH&W, 2017.
[27] Energie Experten, 2019.

**2. Flexibilisierung**
Zur Erhöhung des Anteils von erneuerbar erzeugtem Strom ist die Gleichzeitigkeit von Stromerzeugung und Stromverbrauch maßgeblich. Hierzu kann entweder die Erzeugungsseite oder die Verbraucherseite zunehmend gesteuert und dynamisch an Energieverfügbarkeit bzw. -bedarf angepasst werden.

Im Rahmen des Erzeugungsmanagements können Kraftwerke auf die Einspeisesituation im Netz reagieren und ihre Leistung erhöhen bzw. senken (siehe Teil B – Konzept „Virtuelle Kraftwerke“). Dabei werden Stromerzeugungs-, Speicher- und Verbrauchsanlagen über eine digitale Schnittstelle zu einer virtuellen Einheit verbunden. Das Ziel dabei ist es, eine Vielzahl kleiner dezentraler Anlagen zu einer größeren Einheit zu bündeln, um flexibel auf die Einspeisesituation im Netz zu reagieren und Strom sowie Flexibilität zu vermarkten. Im urbanen Raum können beispielsweise mehrere Quartiere zu einem virtuellen Kraftwerk zusammengeschlossen werden. Durch Lastmanagement kann der Verbrauch an die aktuelle Einspeisesituation angepasst werden (siehe Teil B – Konzept „Demand Side Management“). Analog zur energieintensiven Industrie können Haushalte und der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen in städtischen Gebieten ihre Last zu Zeiten hoher Stromnachfrage reduzieren, um Netzengpässen entgegenzuwirken. Steuerbare Lasten sind beispielsweise Kühlhäuser, Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge.

**3. Verschiebung von Lasten mit Infrastrukturkopplungs- bzw. Umwandlungstechnologien**
An das Wärmenetz angebundene KWK-Anlagen in Kombination mit Wärmespeichern bilden eine Schnittstelle zwischen den Infrastrukturen Strom, Wärme und Gas und können flexibel sowohl zur Entlastung der Strom- als auch der Wärmenetze eingesetzt werden. Die Ergänzung einer KWK-Anlage mit einer Power-to-Heat Anlage bietet zusätzlich die Möglichkeit, bei Netzengpässen Strom aus dem Netz zu entnehmen (siehe Teil B – Konzept „Flexible KWK-Anlagen und Wärmespeicher mit Anbindung an das Wärmenetz“ sowie „Wärmenetze mit der Einbindung von Elektrodenkesseln – Nutzen statt Abregeln“).

Batteriespeicher können als Kurzzeitspeicher eingesetzt werden, um Netzservicedienstleistungen zur Verfügung zu stellen und gleichzeitig den Autarkiegrad in einzelnen Gebäuden oder Quartieren zu erhöhen (siehe Teil B – Konzept „Batteriespeicher als Kurzzeitspeicher“). Power to Gas bietet eine Möglichkeit zur Langzeitspeicherung. Der produzierte Wasserstoff kann ins städtische Erdgasnetz eingespeist, also beispielsweise zur Belieferung von Wasserstofftankstellen und Industriebetrieben oder für den Einsatz im ÖPNV verwendet werden (siehe Teil B – Konzept „PtG als Langzeitspeicher“). Powerfuels können als Flexibilitätsoption im Stromsektor und in Kombination mit bestehenden Technologien im Wärme- und Verkehrssektor eingesetzt werden (siehe Teil B – Konzept „Umwandlungstechnologien“).

# 3.3 Fazit und Handlungsempfehlungen zur Stromversorgung in urbanen Räumen

## 3.3.1 Digitalisierung nutzen zur Flexibilisierung des Energiesystems und zur Koordination der enorm gestiegenen Anzahl der Systemakteure

Das urbane Energiesystem wandelt sich im Zuge der Energiewende insbesondere im Bereich der Stromversorgung mit neuen Herausforderungen sowohl auf der Angebots- wie auch auf der Nachfrageseite. Zunehmend fluktuierende erneuerbare Energiequellen und der gleichzeitige Wunsch der Endverbraucher nach stärkerer Integration und Partizipation erhöhen signifikant die Komplexität der Energieversorgung.

### Zunehmende Komplexität durch signifikant gestiegene Anzahl der Akteure und ihrer Rollen

Während vor rund zwei Jahrzehnten etwa 200 große Erzeugungsanlagen und 200 große Verbraucher die Energiewirtschaft in Deutschland prägten, sind heute bereits rund 2 Mio. Energieanlagen auf der Erzeugungs- wie auch Verbrauchsseite miteinander zu koordinieren. Photovoltaikanlagen, Windenergieanlagen, mittlere und kleinere Blockheizkraftwerke (BHKW), immer volatilere Verbraucher mit Elektroautos und Wärmepumpen sowie Prosumenten (englisch Prosumer) – Verbraucher, die als Energieproduzent und  konsument mit eigenen Anlagen zur Energieerzeugung,  speicherung und  umwandlung am Energiesystem teilhaben – lassen die Grenzen zwischen Erzeugung und Verwendung in allen Verbrauchssektoren verschwimmen, in der Industrie ebenso wie bei der Gebäudetechnik und im Mobilitätsbereich. Gleichzeitig entstehen zunehmend zeitlich begrenzte Über- und Unterkapazitäten, zu deren Ausgleich Energie gespeichert oder aus anderen Quellen bereitgestellt werden muss. Das belastet Speicher sowie Übertragungs- und Verteilnetze, deren Betreiber zunehmend Engpässe bewirtschaften müssen. Aufgrund der begrenzten Ressourcenverfügbarkeit und der dichten Siedlungsstruktur sind die genannten Entwicklungen im urbanen Raum besonders herausfordernd.

Im Rahmen des dena-Projekts Urbane Energiewende wurde intensiv diskutiert, wie die Komplexität im Energiesystem durch die Energiewende erhöht wird, wo Flexibilitäten zum laufenden Ausgleich von Energiedargebot und -verwendung benötigt werden und welchen Beitrag zum effizienten Einsatz dieser Flexibilitäten durch Digitalisierung geleistet werden kann bzw. muss. Im Fokus der Diskussion standen insbesondere Veränderungen in den folgenden drei Dimensionen: erstens bezüglich der Energieträger und ihrer Infrastrukturen, zweitens bezüglich verschiedener Verwendungssektoren, drittens bezüglich unterschiedlicher Wertschöpfungsstufen.

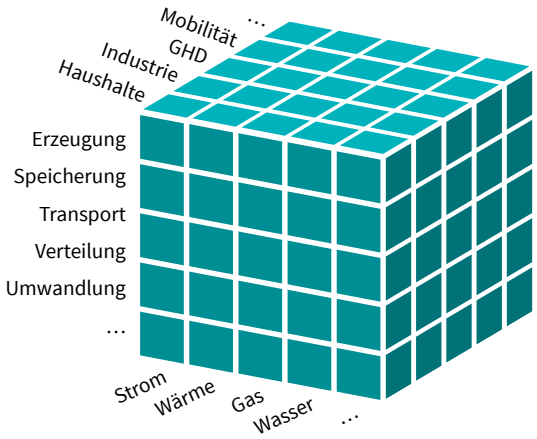



**Abbildung 5:** Verwendungssektoren, Wertschöpfungsketten, Energieträger und Infrastrukturen, Quelle: Eigene Darstellung

Dabei wird die zukünftige Komplexität insbesondere durch folgende zwei Treiber bestimmt: Erstens muss vermehrt mit „Knappheiten“ umgegangen werden – beispielsweise durch begrenzte Potenziale zur Gewinnung und Bereitstellung erneuerbarer Energien und begrenzte Kapazitäten in Speicher , Transport- und Verteilinfrastrukturen, aber auch durch eine begrenzte Bereitschaft der Verbraucher zur zeitlichen Anpassung ihres Energieverbrauchs an das Dargebot oder begrenzte Möglichkeiten zur Substitution eines Energieträgers durch einen anderen. Insbesondere der weiter steigende Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien wird vermehrt zu (lokalen) Netzengpässen führen und damit den Bedarf an Regel- und Ausgleichsenergie erhöhen. Um dem entgegenzuwirken und Netzausfälle zu vermeiden, sind mithilfe von steuerndem Eingreifen in das Energieversorgungssystem vermehrt die Möglichkeiten flexibler Lasten (Speicher, Elektromobilität, Power to Gas) zu nutzen.

Zweitens ist aufgrund der enorm gestiegenen Anzahl der Systemakteure eine fallbezogene „manuelle“ Kommunikation und Koordination unmöglich. Beide Entwicklungen führen dazu, dass eine ausgereifte Steuerung der urbanen Energiewende ohne Digitalisierung undenkbar ist.

## Digitalisierung als notwendiges Hilfsmittel zur Optimierung des operativen Betriebs

Mit digitalen Technologien können die Akteure (bzw. deren technische Anlagen und Systeme) im urbanen Energiesystem miteinander sowie mit anderen Systemen kommunizieren und aufeinander abgestimmt eingesetzt werden. Beispielsweise können Flexibilitäten bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden, um Über- oder Unterkapazitäten in lokalen (Teil-)Netzbereichen oder/und im gesamten Energiesystem auszugleichen. Diese digitale Steuerung muss dabei Engpässe frühzeitig erkennen, um Gegenmaßnahmen einleiten zu können, etwa durch Ausweichen auf andere Infrastrukturen (ganz gleich ob Energieinfrastrukturen wie das Stromnetz, ob Straßen oder andere städtische Infrastrukturen) oder einen Wechsel zu anderen Verwendungssektoren. Hierzu müssen Preissignale unterschiedlicher Energieträger und Infrastrukturen verglichen und „Make or Buy"-Entscheidungen in Echtzeit vorgenommen werden können.

Aus energiesystemischen Gründen, aber auch aufgrund veränderter Anforderungen und Erwartungen der Verbraucher, werden gleichzeitig die energiewirtschaftlichen Dienstleistungen sowohl kommunaler als auch privater Unternehmen immer digitaler. Die Verschneidung von Heizung und Lüftung, Stromversorgung und heimischem „Anwesenheitsmanagement" ist heute ebenso keine Zukunftsmusik mehr wie auch intermodaler Verkehr mit Kombination des klassischen öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) mit Sharing-Angeboten und stauvermeidender Navigation. Die bisherigen Grenzen zwischen Strom, Wärme und Verkehr werden sich weiter einebnen. Der möglichst barrierefreie Wechsel zwischen unterschiedlichen Energieträgern und ihren Infrastrukturen ist letztlich das, worum es bei der integrierten Energiewende geht. Diese Steuerung und Koordinierung zur Balance von Angebot und Nachfrage ist nur noch digital zu bewerkstelligen – und das geht weit über die im Gesetz zur Digitalisierung der Energiewirtschaft (GDEW)[28] oder im Messstellenbetriebsgesetz (MsbG)[29] skizzierten Ansätze zum Einsatz von Smart Metering hinaus.

## Regulatorische Hemmnisse erschweren Einsatz der Digitalisierung für Energiewende für alle Akteure

Trotz der großen Bedeutung der Digitalisierung für die Energiewende sind derzeit weder ihre technischen Potenziale ausreichend erschlossen noch die damit verbundenen ökonomischen Vorteile zufriedenstellend genutzt. Dies liegt häufig insbesondere daran, dass weder das gegenwärtige Marktdesign für den wettbewerblichen Bereich der Energiewirtschaft noch der Regulierungsansatz für den Netzbereich die Entwicklung ökonomisch vorteilhafter Geschäftsmodelle in der digitalen Energiewirtschaft zulassen, geschweige denn vorantreiben. Zu den Hemmnissen gehört beispielsweise, dass im regulierten Bereich „Intelligenz im Netz" nicht Kostenbestandteil bei der Ermittlung der Erlösobergrenze ist. Im Marktbereich verhindert z. B. das derzeitige System von Abgaben und Umlagen eine barrierefreie Kopplung der Sektoren, wodurch die marktliche Bewirtschaftung von Engpässen ausgeschlossen wird.

[28] Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende (GDEW) vom 29. August 2016 (BGBl. I S. 2034).
[29] Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) vom 29. August 2016 (BGBl. I S. 2034), das durch Artikel 7 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

Ein nicht zu unterschätzendes Hemmnis beim Start in die Digitalisierung ist zudem die Verzögerung des Einbaus von intelligenten Messsystemen (Smart Meter Rollout): Obwohl der Einbau digitaler Zähler mit Anbindung einer Kommunikationsschnittstelle als Grundlage für eine „intelligente“ Optimierung des Systembetriebs gilt, verzögern fehlende Zertifizierungen für Smart Meter Gateways den Rollout der BSI-konformen Smart Meter. Parallel sind auf dem Markt bereits zahlreiche Alternativtechnologien verfügbar, die in der Regel jedoch nicht die Anforderungen des BSI im Bereich des Datenschutzes und der Datensicherheit erfüllen.

Neben diesen erfolgskritischen Fragestellungen bestehen zudem weitere datenrechtliche Randbedingungen, auf die insbesondere im Teil B eingegangen wird.

## Handlungsempfehlungen

- **IKT stärker nutzen, um die Komplexität im Energiesystem beherrschbar zu machen:** Um die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) zu stärken und digitale Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren und Komponenten zu ermöglichen, müssen standardisierte Schnittstellen geschaffen werden. Intelligente Steuerungssysteme und Automatisierungstechnologien, die die zunehmende Komplexität und Individualität der jeweiligen Systeme erfassen, darstellen und steuern können, müssen weiterentwickelt werden. Voraussetzung ist eine weitere Digitalisierung der Energiewirtschaft zur Datenerhebung, -übertragung und -verarbeitung, beispielsweise auch durch den Einsatz intelligenter Messsysteme und weiterer Erfassungs- bzw. Verarbeitungs- und Steuerungssysteme. Hierzu sollten in einem breiten Stakeholder-Dialog mit kommunalen als auch privatwirtschaftlichen Unternehmen gemeinsame Ansätze für übergreifend wertschaffende Schnittstellen erarbeitet werden.
- **Interoperabilität zwischen Geräten über standardisierte Schnittstellen sichern:** Eine „systemdienliche Betriebsführung“ von technischen Anlagen und Infrastrukturen sollte neben der aktuellen Situation bei Erzeugung und -bereitstellung des genutzten Energieträgers auch andere angeschlossene Infrastrukturen berücksichtigen, aus denen erneuerbare Energie übernommen oder benötigte Energie bereitgestellt werden könnten. Hierzu müssen Netze mit intelligenter Technik ausgestattet und Schnittstellen zwischen Infrastrukturen (technisch, regulatorisch, marktlich) geschaffen werden, um einen robusten Netzbetrieb und den Ausgleich zwischen Akteuren innerhalb einer sowie zwischen unterschiedlichen Infrastrukturen zu ermöglichen. Die Technologiehersteller werden aufgerufen, ihre Hard- und Softwarelösungen so anzupassen und mit herstellerübergreifend standardisierten Schnittstellen weiterzuentwickeln, damit steuerbare Erzeugungs- und Speicheranlagen sowie Verbrauchseinrichtungen in einem intelligenten Managementsystem vernetzt und ganzheitlich gesteuert werden können.
- **Klare und einheitliche Regeln schaffen, die lokale angepasste Anwendungen ermöglichen:** Jede Kommune zeichnet sich durch eine individuelle Struktur und Organisation (beispielsweise bei der Energieerzeugung, -speicherung und beim Energieverbrauch sowie bei der Siedlungsstruktur) aus und bringt ihre eigenen technischen und ökonomischen Voraussetzungen mit. Daher benötigt jede Kommune eine auf ihre lokalen Bedürfnisse zugeschnittene individuelle Digitalisierungsstrategie und -lösung. Voraussetzung dafür sind klare und einheitliche Regeln bezüglich Technologien, Schnittstellen, Zuständigkeiten, Marktdesign und Stadtstrukturen, Datenschutz und Datensicherheit. Schnittstellen müssen daher so geschaffen werden, dass sie einen standardisierten Austausch von Informationen und Energie auch bei individuell angepassten lokalen Lösungen bestmöglich unterstützen.
- **Verbraucher über digitale Energietechnik sowie Datenschutz und -sicherheit informieren:** Hersteller und Anbieter von Smart-Home-Anwendungen und Bundesbehörden können auf den Letztverbraucher zugeschnittene Informationen über die Funktionsweise von intelligenten Messsystemen sowie über Datenschutz und Datensicherheit bereitstellen, um die Akzeptanz der digitalen Technik in der Gesellschaft zu erhöhen und damit den Nutzen zur Steuerung des Gesamtsystems zu steigern.

### 3.3.2 Netz- und systemdienliche Flexibilisierung zur Erhöhung der EE-Anteile

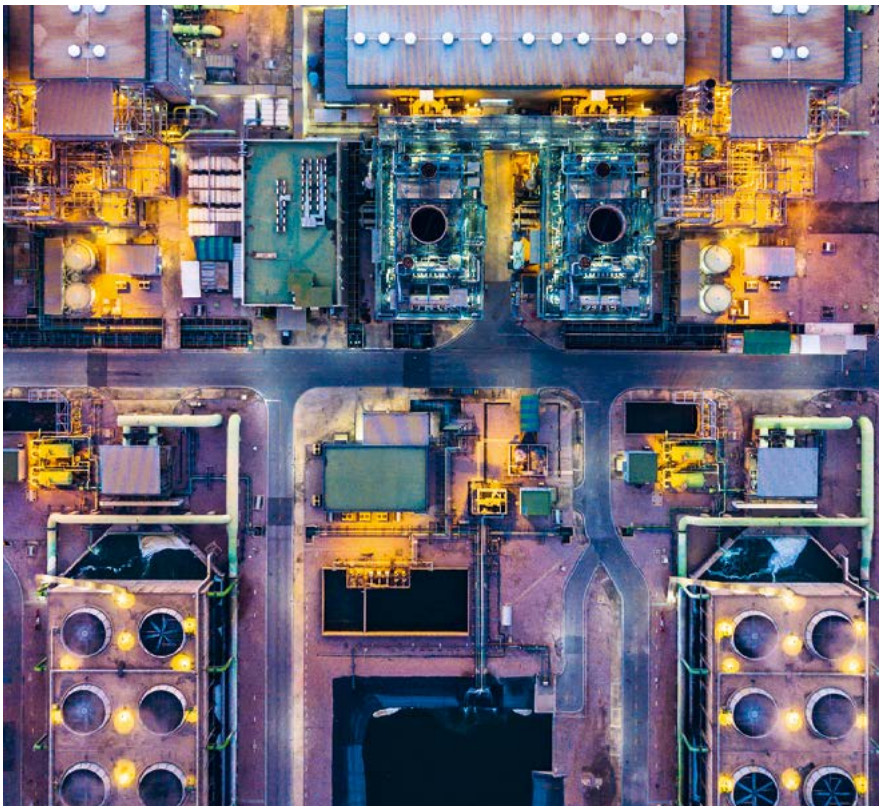
Im Stromsystem bestehen besonders hohe Anforderungen an die Gleichzeitigkeit von Energieerzeugung und verbrauch. Um dieser Grundvoraussetzung für eine stabile Stromversorgung auch bei steigenden Anteilen fluktuierender erneuerbarer Erzeugung entsprechen zu können, muss der regulatorische Rahmen so angepasst werden, dass mit der weiteren Erhöhung der erneuerbaren Energieerzeugung eine stärkere zeitliche Anpassung des Verbrauchs mit dem Ziel einer möglichst großen Gleichzeitigkeit einhergehen kann.

Um auch bei zunehmender Einspeisung volatiler erneuerbarer Energien und höheren Netzlasten sowie zudem steigender Wahrscheinlichkeit für Cyberkriminalität einen weiterhin sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten, ist zu jeder Zeit eine **sichere Beurteilung des Netzzustandes** notwendig. Allerdings fehlt es auf der Niederspannungsebene an der dafür notwendigen Sensorik und weiterer Technik zur intelligenten Netzsteuerung. Zudem fehlen hardware- und softwareseitig einheitliche Schnittstellen zur sinnvollen Bündelung verschiedener in der Praxis ansteuerbarer Anlagen in einem zentralen Managementsystem, um die Sektoren zu koppeln, beispielsweise KWK, Wärmepumpen, Nachtspeicherheizungen, Batteriespeicher sowie flexible Erzeugungs- und Verbrauchseinrichtungen. Die Umsetzung integrierter Konzepte ist für Anlagenbetreiber daher mit hohem wirtschaftlichem und technischem Aufwand verbunden.

Durch relativ geringe Preisunterschiede und Erlösmöglichkeiten auf dem Strommarkt bzw. auf den Regelleistungsmärkten ist häufig der Einsatz von **Flexibilitätsoptionen wirtschaftlich eher unattraktiv**. Auch Konzepte wie Anlagenpooling können sich aufgrund begrenzter Anreize zur Vermarktung von Regelenergie, Ausgleichsenergie oder flexiblen Stromtarifen marktwirtschaftlich getrieben nicht im ausreichenden Maße für eine Entlastung der Infrastrukturen an Engpässen entwickeln (siehe Teil B – Konzept „Anlagenpooling“). Auch die Implementierung von Demand Side Management für die Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie für Haushalte und Industrie wird aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit und geringer Kosteneffizienz gehemmt. Hier sind die Preisunterschiede zwischen den einzelnen Stunden auf dem Strommarkt bisher zu gering und es fehlen zeit- und lastvariable Tarife, um einen effektiven Anreiz zur Lastverschiebung anzubieten. Und Investitionen in Flexibilitätsmaßnahmen werden derzeit noch unzureichend anerkannt, weshalb für Anlagenbetreiber kaum Möglichkeiten bestehen, diese gewinnbringend anzubieten.

Gegenwärtig können zudem **Potenziale von Sektorkopplung und Power to X nicht erschlossen** werden, weil die Regelung § 13 Abs. 6a EnWG zeitlich begrenzt sowie technologiespezifisch ausgestaltet und für Verteilnetzbetreiber nicht anwendbar ist. So ist die Förderung für eine systemdienliche Steuerung von Power-to-X-Anlagen unzureichend ausgestaltet. Gründe dafür sind die Beschränkung auf KWK in Kombination mit Power-to-Heat-Anlagen sowie auf das Übertragungsnetz im Netzausbaugebiet und ein nicht abschließend geklärter Förderungsumfang. Für Anlagenbetreiber resultieren daraus Rechts- und Investitionsunsicherheiten (siehe Teil B – Konzept „Nutzen statt Abregeln“).

Der Einsatz von **KWK-Anlagen als Flexibilitätsoption** (siehe Teil B – Konzept „Flexible KWK-Anlagen und Wärmespeicher“) ist durch intelligente Steuerung sowohl in Großkraftwerken mit Wärmenetzen als auch in kleineren Blockheizkraftwerken (BHKW) möglich. Durch Verbindung mit Wärmespeichern ermöglicht eine dynamische Steuerung die zeitlich flexible Stromerzeugung, welche gegenwärtigen und prognostizierten Strom- sowie Wärmebedarf und Wärmespeicherfähigkeit berücksichtigt. Kontinuierlich müssen dabei zunehmend Kohle und andere fossile Energieträger durch erneuerbare Energien ersetzt werden. Allerdings fehlen derzeit Anreize zur effizienten Nutzung von KWK-Anlagen zur Flexibilisierung des gesamten Energiesystems.



Integrierte Konzepte und Quartierslösungen (siehe Teil B – Konzept „Stromerzeugung und Speicherung für den Eigenbedarf innerhalb einzelner Gebäude“ sowie Konzept „Strom- und Wärmeversorgung für Quartiere“) ermöglichen eine Kopplung verschiedener Infrastrukturen und Technologien zur Bereitstellung der notwendigen Endenergie und Flexibilität. Unklare regulatorische Rahmenbedingungen **hemmen** jedoch **die Entwicklung von Geschäftsmodellen** in diesem Bereich. Aufgrund von im Gesetz nicht eindeutig definierten energierechtlichen Fachbegriffen besteht für Investoren und Anlagenbetreiber keine Rechtssicherheit. So bedarf es in Einzelfällen der Auslegung von Gesetzen durch zuständige Behörden und Rechtsprechung.

Für die Umsetzung von integrierten Konzepten sind Soft- und Hardwarelösungen im Smart-Home-Bereich notwendig, die den Letztverbraucher mit den Energie- und Speicheranlagen vernetzen. Kleine Letztverbraucher unter 6.000 kW/h sowie Anlagenbetreiber unter 7 kW sind nicht vom bevorstehenden verpflichtenden Einbau intelligenter Messsysteme betroffen und können alternative Kommunikationsmodule installieren lassen oder auf deren Einbau verzichten. Gründe dafür sind **geringe Akzeptanz und geringes Vertrauen in digitale Technik sowie Bedenken zu Datenschutz sowie Datensicherheit** und stellen für Letztverbraucher ein Kaufhemmnis für Smart-Home-Anwendungen dar (siehe auch die Handlungsempfehlung zur Information der Verbraucher bezüglich Datenschutz und -sicherheit im vorhergehenden Unterkapitel).

## Handlungsempfehlungen

- **Anreize für netz- und systemdienliche Verbrauchsflexibilisierung schaffen:** Eine netz- und systemdienliche Verbrauchsflexibilisierung kann zu einer Standortsicherung beitragen, wenn beispielsweise die Sektoren Industrie und Energie zusammengebracht werden. Um Anreize für eine infrastrukturübergreifende Optimierung zu schaffen, ist ein passender regulatorischer Rahmen mit zugehörigem Marktdesign notwendig. Gleichzeitig sollte der Fokus auf die in der Praxis realistisch und sinnvoll ansteuerbaren Erzeugungs- und Verbrauchseinrichtungen gesetzt werden. Hierzu sollte die Systematik der Abgaben, Entgelte und Umlagen sowie der Tarife dahingehend reformiert werden, dass ein netz-, markt- und systemdienliches Verhalten von Verbrauchern sich auch einzelwirtschaftlich positiv darstellt und so zu einer gesamtvolkswirtschaftlichen Effizienzverbesserung führt. Ziel muss ein übergreifend diskriminierungsfreies System („Level Playing Field“) sein, das Verzerrungen und Fehlanreize zwischen Energieträgern und Sektoren beseitigt und Innovationen ermöglicht.
- **KWK stärker zur Flexibilisierung einsetzen und „Nutzen statt Abregeln“ zum Standard machen:** Wie vom Klimakabinett beschlossen, sollte eine kontinuierliche Fortentwicklung des KWK-G zur Förderung von erneuerbaren Energien umgesetzt werden, um kurzfristig den Ersatz von Kohle-KWK voranzubringen und den Einsatz von erneuerbaren Energien und klimaneutraler Abwärme stetig zu steigern. Darüber hinaus sollte KWK mit Flexibilisierung und Speicherung von Wärme einhergehen. Sektorkopplung und Power to X sollten durch „Nutzen statt Abregeln“ weiter ausgestaltet werden. Dadurch kann die vertikale Integration von erneuerbaren Energien in den urbanen Raum gestärkt werden. Um das Flexibilitätspotenzial der Norm (EnWG § 13, 6a) auszuschöpfen, sollte der Gesetz- bzw. Verordnungsgeber den Anwendungsbereich der Norm regional und technologisch öffnen und die Ausgestaltung der Vereinbarungen insbesondere hinsichtlich des Umfangs der Kostenerstattung konkretisieren. Hierdurch kann Netzengpässen durch das gesamthafte Zusammenspiel aus der Bereitstellung flexibler Lasten in der räumlichen Nähe der Erzeugungsanlagen begegnet werden.
- **Regulatorische Rahmenbedingungen weiterentwickeln und energierechtliche Fachbegriffe im Zusammenhang mit integrierten Konzepten und Quartierslösungen eindeutig im Gesetz definieren**: Das bedeutet, dass z. B. der Bundesgesetzgeber für Quartierslösungen, die möglicherweise als Kundenanlage im Sinne des § 3 Nr. 24a EnWG eingestuft werden können, die unbestimmten Rechtsbegriffe „auf einem räumlich zusammengehörenden Betriebsgebiet“ und „für die Sicherstellung eines wirksamen und unverfälschten Wettbewerbs […] unbedeutend ist“ klar definieren sollte, sodass sie keiner Auslegung durch die BNetzA und die Rechtsprechung bedürfen.

### 3.3.3 Innerstädtische EE-Stromerzeugung voranbringen und Mieterstrom stärken

In Anbetracht steigender Herausforderungen bei der gesellschaftlichen Akzeptanz für Großprojekte wie große Erzeugungsparks und Übertragungstrassen müssen zunehmend auch innerstädtische Erzeugungspotenziale genutzt werden.

Nach dem EEG 2017 wird die feste Einspeisevergütung für kleinere Solaranlagen außerhalb des Ausschreibungssystems auf null reduziert, sobald die Summe der installierten Leistung der EEG-geförderten Solaranlagen den Gesamtdeckel in Höhe von 52 GW überschreitet. Da bis Juli 2019 in Deutschland bereits 47,74 GW PV-Leistung installiert waren, wird dieser Förderdeckel voraussichtlich bald erreicht sein. Um eine Stagnation des weiteren Zubaus an PV-Neuanlagen in urbanen Räumen zu vermeiden, sollte wie im Klimapaket vorgesehen der Gesamtdeckel in § 49 Abs. 5 EEG 2017 umgehend ersatzlos gestrichen werden, um Anlagenbetreibern Investitions- und Planungssicherheit zu signalisieren. Zudem sollte die angekündigte Überarbeitung des Mieterstromgesetzes umgehend erfolgen.

Mit dem Mieterstromgesetz haben die rund 50 Prozent der in Deutschland zur Miete wohnenden Bevölkerung eine Chance bekommen, sich an der Energiewende zu beteiligen. Außerdem bietet das Gesetz Unternehmen aus der Wohnungs- und Energiewirtschaft eine Grundlage für neue Geschäftsmodelle. Jedoch kommt der Solarausbau für Mietshäuser langsamer voran als erhofft. Im Mieterstromgesetz wurde ein Deckel für den Mieterstromzuschlag von 500 MW pro Jahr eingeführt – seit der Einführung Mitte 2017 bis Juli 2019 „waren 677 PV-Mieterstromanlagen mit insgesamt rund 13,9 MW“[30] Leistung gemeldet. Gleichzeitig weisen PV-Anlagen hohe Zustimmungsraten in der Bevölkerung auf: 71 Prozent sprechen sich dafür aus, auch in Zukunft neue Dachanlagen zu fördern.[31] Gründe für den langsamen Ausbau sind finanzielle und technische Hemmnisse sowie steuerliche Barrieren für Immobilienbesitzer.

[30] BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Mieterstrombericht nach§ 99 Erneuerbare-Energien-Gesetz 2017 (2019), S. 7.
[31] Diermann, 2019.

Bei der Umsetzung von Mieterstromprojekten entsteht eine „Kundenanlage“ im Sinne des § 3 Nr. 24 EnWG, wenn andere Letztverbraucher an eine nicht durch einen Energieversorger betriebene Erzeugungsanlage angeschlossen sind und diese Anlage mit einem Summenzähler vom Netz der allgemeinen Versorgung abgegrenzt ist. Kundenanlagen nach § 3 Nr. 24a EnWG sind beispielsweise Mehrfamilienhäuser in Kombination mit Erzeugungsanlagen, Kundenanlagen nach § 3 Nr. 24b EnWG sind überwiegend Industriekunden mit Unterabnehmern auf dem Betriebsgelände oder Einkaufsmärkte mit Backshop und gegebenenfalls weiteren Läden.

## Handlungsempfehlungen

- **Steuerliche Barrieren für Mieterstrom beseitigen:** Während Immobilienbesitzer ohne steuerliche Risiken eine Ölheizung betreiben und Energie an ihre Mieter verkaufen können, drohen beim Betrieb einer Photovoltaikanlage steuerliche Probleme, weil der als gewerblich geltende Verkauf des Stroms die gesamte Tätigkeit „infiziert“ und erhebliche Steuernachteile nach sich zieht. Eine klimafreundliche Steuergesetzgebung sollte die wichtige Rolle von Gebäudeeigentümern (privat, gewerblich, öffentlich) für die Energiewende anerkennen.
  Nach der im Sommer 2019 beschlossenen Verdoppelung der Einnahmengrenze im Körperschaftssteuergesetz für Mieterstrom von Wohnungsgenossenschaften auf 20 Prozent bedarf es jetzt noch einer Lösung der steuerlichen Probleme für steuerpflichtige Wohnungsgenossenschaften und -gesellschaften. Auch ist eine alltagstaugliche Umsetzung notwendig, bei der für die sehr kleinteiligen und komplexen Projekte mit Energieerzeugung, Strombelieferung und Messwesen keine unnötigen Kosten in der Umsetzung entstehen. Darüber hinaus sollte Mieterstrom als Nebenleistung der Vermietung eindeutig definiert werden, um Einzelfallprüfungen zur Umsatzsteuerfreiheit zu vermeiden und den Verwaltungsaufwand zu reduzieren. Zudem sollte geprüft werden, bei Nutzung erneuerbarer Energien auch Mieterstrom aus KWK steuerlich zu fördern.
- **Den Begriff der Kundenanlage schärfen:** Kundenanlagen sind notwendig, um Mieterstrom in die Städte zu bringen. Deshalb sollte der Begriff der Kundenanlage im Sinne des § 3 Nr. 24a EnWG vom Bundesgesetzgeber geschärft werden. Dabei sollte einerseits geklärt werden, unter welchen Voraussetzungen ein räumlicher Zusammenhang festgestellt werden kann, z.B. als einheitlich wahrnehmbares Gebiet mit funktionalem Zusammenhang. Andererseits sollte geklärt werden, wann eine Kundenanlage als unbedeutend für den Wettbewerb eingestuft werden kann. Die absolute Anzahl angeschlossener Letztverbraucher sollte dabei als Kriterium gestrichen werden. Im Fokus sollte die individuelle Situation vor Ort stehen. Denn der im EnWG angesprochene unverfälschte Wettbewerb dient nicht dem Schutz des Wettbewerbs um Netze. Der Wettbewerb um Netze findet durch die regelmäßigen Vergabeverfahren im Sinne von § 46 EnWG statt.
- **Verwaltungsaufwand reduzieren und komplexe Zählerkonzepte standardisieren und vereinfachen:** Für die Messung und Abgrenzung der gelieferten Strommengen innerhalb einer Kundenanlage ergibt sich ein großer technischer und finanzieller Aufwand, den der Anlagenbetreiber zu tragen hat. So erfordert eine Umsetzung eines effizienten Messkonzepts eine enge Abstimmung mit dem zuständigen Netzbetreiber. Die hierdurch entstehenden Kosten und der Verwaltungsaufwand senken die Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen, vor allem in Mehrfamilienhäusern mit einer geringen Anzahl an Wohneinheiten. Um dadurch entstehende Investitionshemmnisse zu beseitigen, sollten der Verwaltungsaufwand reduziert und Zählerkonzepte standardisiert und vereinfacht werden.

# A4 Wärmeversorgung im urbanen Raum

## 4.1 Bedeutung der Wärmeversorgung im urbanen Energiesystem

Generell gestaltet sich die Wärmeversorgung heterogen. Im urbanen Raum nimmt diese Heterogenität noch zu, da hier durch eine hohe Wärmenachfrage vernetzte Versorgungskonzepte sinnvoll sind. Dies bedeutet, dass eine spezifische und systematische Ausgestaltung der Wärmeversorgung im urbanen Energiesystem zukünftig an Bedeutung gewinnen wird. Wärme wird typischerweise gebäudeintegriert aus Strom oder Gas erzeugt oder über Wärmenetze aus größeren Kraftwerken direkt zu den Abnehmern gebracht. Wärme bietet somit dem urbanen Energiesystem Kopplungsmöglichkeiten, die zukünftig durch die stärkere Integration von Strom und Wärme noch zunehmen werden.

Als Basis eines urbanen Strom-Wärme-Systems dienen oft Wärmenetze. Diese sind der Schlüssel für die urbane Wärmewende. Durch sie können klimaneutrale lokale Wärmepotenziale (sowohl Abwärme als auch EE-Potenziale wie Geo- und Solarthermie und Biomasse) genutzt und fluktuierende Stromeinspeisungen aus erneuerbaren Energien in das Energiesystem integriert werden (Nutzung erneuerbarer Energien aus Wind- und PV-Strom über systemdienliches Power to Heat). Sie bieten somit eine flexible Basis für die Einbindung von unterschiedlichen Erzeugungstechnologien und Brennstoffen sowie für die Sektorenkopplung. Wärmenetze sind damit der notwendige systemische Ansatz für eine zukunftssichere Wärme- und Stromversorgung.

Nachfrageseitig lässt sich die Heterogenität in der Wärmeversorgung insbesondere anhand der für den urbanen Raum spezifischen Siedlungsstrukturen beschreiben. Diese sind charakterisiert durch die vorherrschenden Gebäudetypen, unterschiedliche Einwohner- und Bebauungsdichten und weitere Parameter, wie z. B. sozialökonomische Aspekte. Insbesondere aufgrund von unterschiedlichen energetischen Zuständen der Gebäude (beispielsweise unsaniert, teilsaniert, vollsaniert) und Nutzungsprofilen (beispielsweise Anforderungen Gewerbe) resultieren divergente Wärmebedarfsdichten pro Hektar. Diese Kenngröße hat zusammen mit der vorhandenen Wärmenetzinfrastruktur, dem Anteil verfügbarer Flächen für erneuerbare Energien sowie der Möglichkeit der Einbindung lokaler Potenziale großen Einfluss auf $CO_2$-arme und langfristig klimaneutrale Wärmeversorgungsansätze. Der Wärmebedarf unterliegt allerdings auch dynamischen Bewegungen. Bevölkerungswachstum und die damit zumeist einhergehende Verdichtung urbaner Räume erhöht die Wärmebedarfsdichte pro Hektar und kann punktuell sogar eine verstärkte Auslastung der Wärme- und Gasnetze bedeuten. Gleichzeitig sinkt jedoch infolge von Sanierungsmaßnahmen an Bestandsgebäuden der spezifische Wärmebedarf kontinuierlich. Die Energieeffizienz im Gebäudebereich zu erhöhen, ist ein wichtiger Baustein für das Gelingen der Energiewende.

Gebäudetypologisch wird die urbane Wärmenachfrage stark von Bestandsgebäuden bestimmt. Es handelt sich zum größeren Teil um Mehrfamilienwohngebäude (3–6, 7–12, > 13 Wohneinheiten) und Nichtwohngebäude (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen). In den 30 einwohnerreichsten Städten Deutschlands liegen beispielsweise 60 Prozent der Wohnungen in großen Mehrfamilienhäusern (> 7 Wohneinheiten). Des Weiteren sind rund 75 Prozent der gesamten Wohnungen in diesen Städten vor dem Jahr 1979 errichtet worden.[32] Dies deutet bei Berücksichtigung der Sanierungsraten darauf hin, dass der überwiegende Teil der Bestandsbauten nicht den heutigen energetischen Standards entspricht.

## Aktuelle Wärmeversorgungsentwicklung in Städten am Beispiel Berlin

Zur Darstellung des Status quo Wärme im urbanen Raum wird exemplarisch der Berliner Wärmeversorgungsmix verwendet. Folgende Aspekte sind zum heutigen Stand zu beobachten:

- Momentan kaum erneuerbare Wärme in gebäudeintegrierten Anwendungen (ca. 1 Prozent)
- Momentan noch überwiegend Heizen mit Gas- und Ölheizungen (ca. 70 Prozent)

In der für die Erreichung der Klimaziele erforderlichen Entwicklung bis zum Jahr 2050 wird das Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK) herangezogen (vgl. Abbildung 1).[33] Im Jahr 2012 wurden in Berlin kaum erneuerbare Energien zur Bereitstellung von Wärme eingesetzt. Hingegen nahmen Erdgas und Erdöl bei der Versorgung eine bedeutende Rolle ein, wobei Heizöl gemäß der Zielerreichung des BEK im Jahr 2030 sehr stark reduziert sein muss und 2050 nicht mehr zum Einsatz kommen sollte. Auch Erdgas ist in der gebäudeintergierten Nutzung in 2030 und 2050 auf 68 bzw. 10 Prozent des heutigen Verbrauchs zu reduzieren, um die Klimaziele zu erreichen. Weiter zeigt die Berechnung grundsätzlich eine Reduzierung des Endenergiebedarfs sowie eine weiter steigende Relevanz der Versorgung mittels Fernwärme (KWK, PtH, Biomasse, Großwärmepumpen). Daneben gewinnen auch Anwendungen, welche auf elektrischer Energie basieren, an Relevanz. Die gebäudeintegrierte Wärmeversorgung mittels Solarthermie nimmt auch im Jahr 2050 mit rund 4 Prozent eine untergeordnete Rolle ein. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass das Verhältnis von kleinen Dach-/Bodenflächen für die Energieerzeugung zum hohen Wärmebedarf pro Quadratmeter im städtischen Raum ungünstig ist. Gründe für den vergleichsweise geringen Anteil der Biomasse von ca. 3 Prozent sind in den Nutzungskonkurrenzen, den Feinstaub- und NOx-Problematiken sowie dem erschwerten Transport des Energieträgers in die städtischen Bereiche zu sehen.

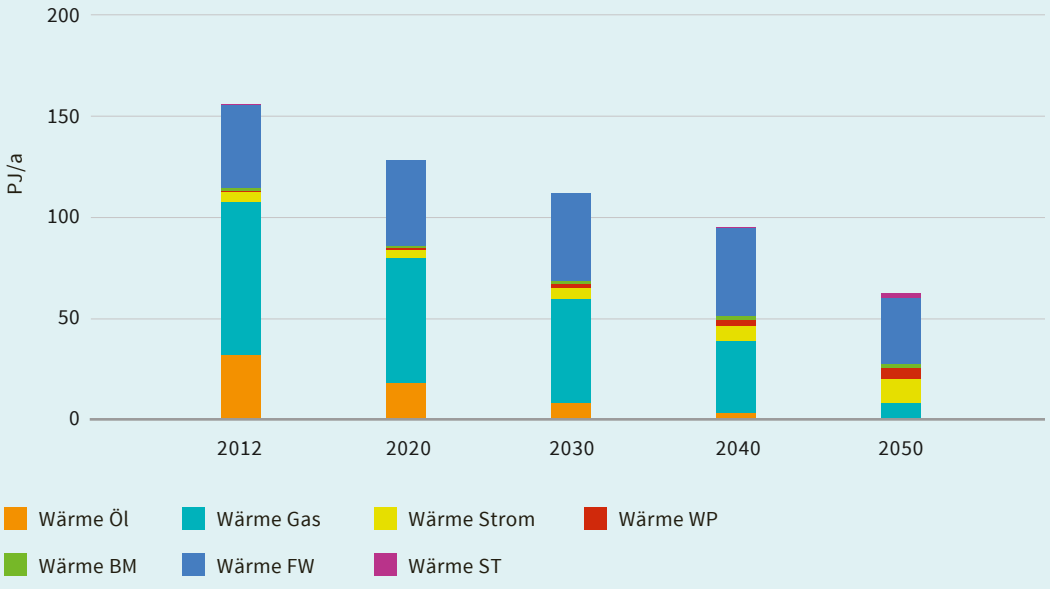



**Abbildung 6:** Endenergieträger Wärme am Beispiel Berlin, Quelle: Hirschl & Fritz Reusswig, 2019

[32] Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2011.
[33] Hirschl, et al., 2015.

# 4.2 Status quo und Entwicklung der Wärmeversorgung in urbanen Räumen

Als Teil ihrer ambitionierten Energieeffizienzziele hat die Bundesregierung beschlossen, den Wärmebedarf von Gebäuden bis 2020 um 20 Prozent zu senken.[34] Bis 2050 soll der Primärenergiebedarf um 80 Prozent reduziert werden, der Gebäudebestand soll dann nahezu klimaneutral sein.[35] Dafür ist es unabdingbar, die energetische Gebäudesanierungsrate von derzeit etwa ein auf mindestens zwei Prozent zu verdoppeln. Dies stellt vor allem den urbanen Raum mit seinem hohen Anteil an vermieteten Gebäuden vor große Herausforderungen. Die energetische Sanierung des Bestands bleibt dennoch weiterhin ein wichtiges Ziel im Gebäudebereich, wie auch das Beispiel der Entwicklung der Berliner Wärmeversorgung zeigt. Auch zeigen einige der in Teil B beschriebenen Ansätze und Konzepte für eine $CO_2$-arme und langfristig klimaneutrale Wärmeversorgung, dass diese nachfrageseitig auf Bedarfssenkungen angewiesen sind. Allerdings werden im Rahmen des Projekts nicht explizit Ansätze und Konzepte zur Gebäudesanierung vorgestellt, da der Fokus auf der Integration klimaneutraler Wärme in den Versorgungsansätzen liegt.

Die Wärmeversorgung im urbanen Raum wird im Rahmen des Projekts auf der Angebotsseite in die folgenden zwei übergeordneten Versorgungsansätze unterteilt:

1. Wärmeversorgung über Wärmenetze (Fern- und Nahwärmenetze)[36]
2. Gebäudeintegrierte Wärmeversorgung

**1. Wärmeversorgung über Wärmenetze**

Die Wärmeversorgung über Wärmenetze ist ein wichtiger Baustein für das Gelingen der Energiewende in urbanen Räumen. Insbesondere die Möglichkeit zur effizienten Einbindung $CO_2$-armer und langfristig klimaneutraler Wärmequellen in Versorgungskonzepte hochverdichteter Ballungsräume stellt einen wesentlichen Vorteil von Wärmenetzen dar.

Momentan beträgt der Anteil an netzgebundener Wärme am Gebäudewärmebedarf (Endenergie) in Deutschland ca. 10 Prozent. Die Fernwärmebereitstellung erfolgt dabei zum überwiegenden Teil in effizienten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen), wobei Erdgas hier der klar dominierende Energieträger ist, gefolgt von Steinkohle.[37] Rund 15 Prozent der in Wärmenetze eingespeisten Wärmemenge stammen aus erneuerbaren Energien wie Biomasse, Geo- und Solarthermie. Weitere 6,5 Prozent der eingespeisten Wärme basieren auf der ressourcenschonenden Nutzung von Abwärme, 8 Prozent auf der Verbrennung von nicht biogenem Abfall.[38] Rund 29 Prozent der über Wärmenetze bereitgestellten Wärme stammen somit bereits heute aus klimaneutralen Potenzialen (erneuerbaren Energien und Abwärme).[39]

Fernwärmeerzeuger und Wärmenetze befinden sich in einem Transformationsprozess hin zu einer $CO_2$-armen und langfristig klimaneutralen Versorgung. Elementar ist hierbei der Primärenergieträger¬wechsel von Kohle zu Gas bei KWK-Anlagen, welcher nach den Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ (Kohlekommission) spätestens im Jahr 2038 abgeschlossen sein soll.[40] Mit Bezug auf die Klimaziele erscheinen zudem die Nachverdichtung von Wärmenetzen und die damit einhergehende Ablösung von Erdölkesseln auf Gebäudeebene als ein weiterer Schritt. Im Rahmen des Klimapakets wird die Bundesregierung eine

[34] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 2010.
[35] Ebd.
[36] Wird die thermische Energie in einem wärmegedämmten Rohrsystem (als Frei- oder Erdleitung) vom Erzeuger zum Verbraucher transportiert, spricht man bei längeren Distanzen und der Versorgung ganzer Städte bzw. Stadtteile von Fernwärme und bei Leitungssystemen für einzelne Gebäude, Gebäudeteile oder Wohnsiedlungen in unmittelbarer Umgebung von Nahwärme, IHK-Hessen. Faktenblatt Nah-/Fernwärme-Ratgeber Wärme in Hessen 2014.
[37] AGFW – Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK , 2018.
[38] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., 2019.
[39] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., 2019.
[40] Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“, 2019.

gesetzliche Regelung vorlegen, die den Einbau von Ölheizungen ab 2026 nicht mehr gestattet, wenn eine klimafreundlichere Wärmeerzeugung möglich ist. Um die notwendigen zunehmenden Anteile Erneuerbarer-Wärme-Erzeugungsanlagen in die bestehenden Infrastrukturen zu integrieren, ist ein grundlegender Umbau der Wärmenetze notwendig. Dies betrifft neben der Anpassung des Temperaturniveaus u. a. die Dampfnetzumstellung und die Anpassung an veränderte Erzeugungsströme, insbesondere die Anbindung neuer Erneuerbarer-Wärme-Erzeugungsanlagen. Im Teil B werden Versorgungskonzepte zur Erhöhung des Anteils klimaneutraler Wärme im urbanen Versorgungsmix unter Einbindung von Wärmenetzen in den Ansätzen „Wärme aus erneuerbaren Energien“ und „Wärme aus Abwärme“ analysiert.

Durch Wärmenetze und den Einsatz von flexiblen KWK-Anlagen werden bereits heute die Sektoren Strom, Gas und Wärme effizient miteinander gekoppelt. Zukünftig wird insbesondere vor dem Hintergrund des steigenden Anteils von Strom aus erneuerbaren Energien auch die Speisung von Wärmenetzen mittels Power-to-Heat-(PtH-)Anlagen stärker in den Fokus rücken. Diesbezüglich werden im Teil B die Konzepte „Intelligente Nutzung von KWK“ und „Nutzung von EE-Strom aus dem Umland – Nutzen statt Abregeln“ näher beleuchtet.

**2. Gebäudeintegrierte Wärmeversorgungsansätze**

Über gebäudeintegrierte Versorgungskonzepte wird aktuell die Mehrzahl der Gebäude in Deutschland und auch im urbanen Raum mit Wärme versorgt. Hier stellen Erdgas und -öl die dominanten Endenergieträger dar.[41] Die Absatzzahlen von gebäudeintegrierten Wärmeerzeugern für Deutschland aus dem Jahr 2018 zeigen, dass von rund 732.000 abgesetzten Wärmeerzeugern 561.000 auf Gas basieren (entspricht 77 Prozent der Geräte; Versorgung insbesondere leitungsgebunden über das Gasnetz), 84.000 Geräte auf elektrischer Energie (12 Prozent, leitungsgebunden, Stromnetz), 24.000 auf Biomasse (3 Prozent, nicht leitungsgebunden) sowie 62.000 Geräte auf Öl (9 Prozent, nicht leitungsgebunden). Ölbasierte Technologien werden insbesondere wieder in Bestandsgebäuden installiert. Um die Austauschrate von Ölheizungen zu erhöhen, wurde im Rahmen des Klimapakets eine „Austauschprämie“ beschlossen. Wärmepumpen werden primär in Neubauten verbaut, bei Bestandsgebäuden spielten sie mit einem Anteil von 4 Prozent an den abgesetzten Wärmeerzeugern nur eine untergeordnete Rolle.[42] Dies ist insbesondere auch auf die im Gebäudebestand existierenden Rahmenbedingungen und energetischen Standards zurückzuführen, welche einen effizienten Einsatz von Wärmepumpen erschweren. Da der urbane Raum insbesondere durch Bestandsbauten höheren Alters und ein geringes Angebot an Freiflächen charakterisiert ist, ist ein flächendeckender Einsatz von gebäudeintegrierten Wärmepumpen insbesondere in Gebieten mit dichter Bebauung nicht zu erwarten.

Generell erfolgt die Umstellung der gebäudeintegrierten Wärmeerzeugung auf erneuerbare Energien im städtischen Gebäudebestand nur sehr langsam. Der geschätzte Anteil erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung in Deutschlands Städten liegt im niedrigen einstelligen Prozentbereich und besteht größtenteils aus Biomassenutzung sowie – zu einem sehr geringen Anteil – aus Solarthermie und Wärmepumpen. In Teil B werden in Bezug auf gebäudeintegrierte Lösungen mit der Einbindung erneuerbarer Energien für die zukünftige Nutzung die Konzepte „Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen“ mit Fokus auf Ein- bis Zweifamilienhaussiedlungen bzw. Neubau und „Nutzung von Biomasse“ näher beschrieben.

## Zusatz: Entwicklung der Gasnetze und Nutzung $CO_2$-freier Gase wie Wasserstoff

Etwa die Hälfte des Wärmebedarfs wird in Deutschland aktuell mithilfe des Energieträgers Gas bereitgestellt. Zudem wird Gas weiterhin eine hohe Bedeutung in der Wärmeversorgung haben, auch wenn der Energieträger zur Erreichung der Klimaziele zunehmend aus erneuerbaren Energiequellen oder aus synthetisch erzeugten Prozessen (Power to Gas) kommen muss. Die Gasnetze auf Transport- und Verteilnetzebene nehmen daher eine Schlüsselrolle für die sichere Wärmversorgung ein. Aufgrund abweichender technischer Anforderungen ist noch offen, wie stark und wie schnell der Anteil von Wasserstoff als $CO_2$-freiem Energieträger im Gasnetz erhöht werden kann oder ob separate (Teil-)Netze für Wasserstoff aufgebaut werden müssen. Aktuell wird Wasserstoff insbesondere als Grundstoff in der Industrie, zukünftig zunehmend auch als Kraftstoff im Verkehr eingesetzt. Die Sektoren Wärme, Industrie und Verkehr konkurrieren dabei um das aktuell und perspektivisch verfügbare Angebot an erneuerbarem Wasserstoff (aus Elektrolyse mit erneuerbarem Strom). In welchem Umfang und auf welchem Weg Wasserstoff künftig eingesetzt wird, hängt von vielen Faktoren ab (u. a. Verfügbarkeit alternativer Technologien, technische Anforderungen, Preis konkurrierender Energieträger).

Für den Betrachtungsfokus urbaner Raum sowie den vordringlich betrachteten Zeitraum bis 2025/30 spielt Wasserstoff im Wärmebereich keine große Rolle und wurde daher im Rahmen dieses Projekts nicht weiter betrachtet. Die Bundesregierung arbeitet derzeit an der Formulierung einer Nationalen Strategie Wasserstoff. Diese kann einen Entwicklungspfad aufzeigen, der mittel- bis langfristig auch für die Wärmeversorgung urbaner Räume relevant werden kann.

[41] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (2018): Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2016.
[42] Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2016; Statista, 2019

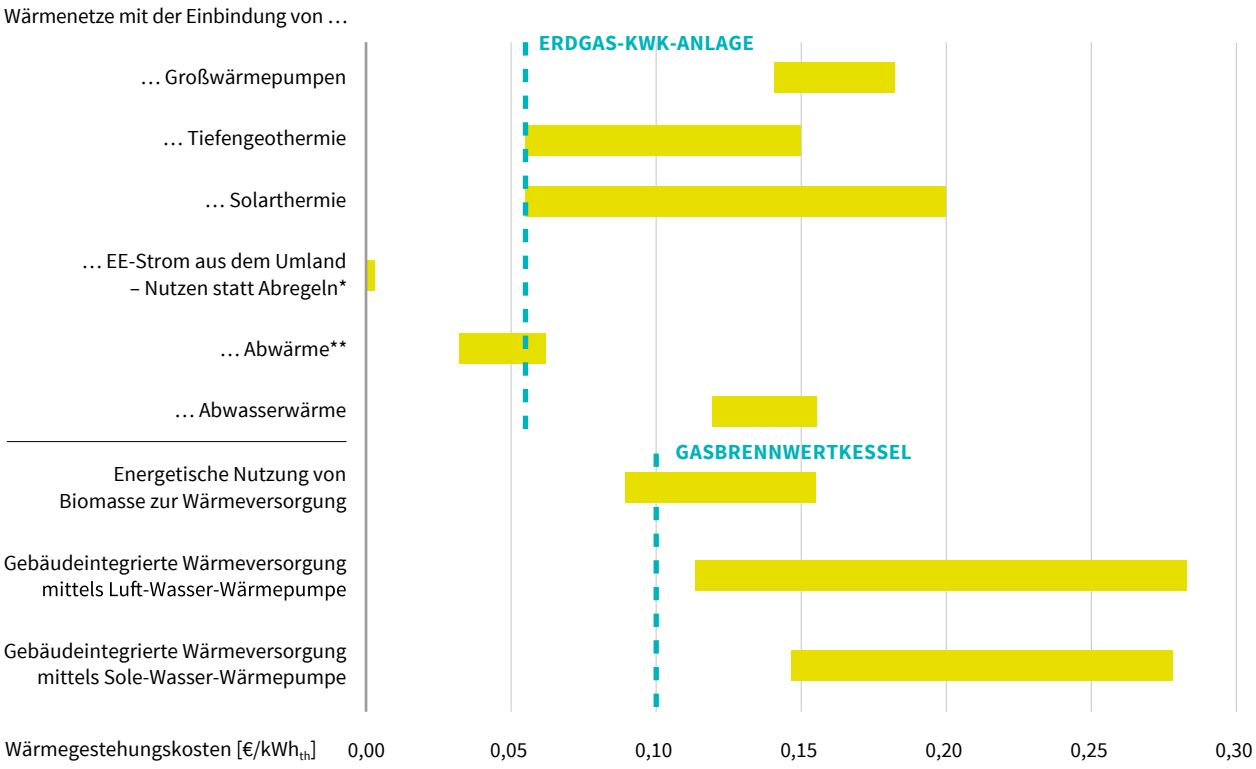
# 4.3 Fazit und Handlungsempfehlungen zur Wärmeversorgung in urbanen Räumen

## 4.3.1 Wirtschaftlichkeit klimafreundlicher Versorgungsvarianten erhöhen

Eine wichtige Erkenntnis aus der Auswertung der Ansätze, Konzepte und Praxisbeispiele zur Wärmeversorgung im urbanen Raum ist, dass der Einsatz $CO_2$-armer und langfristig klimaneutraler Wärmeversorgungskonzepte durch hohe Wärmegestehungskosten und Investitionsrisiken gehemmt wird – unter den derzeitigen Bedingungen sind die analysierten Konzepte größtenteils noch nicht wirtschaftlich umsetzbar.[43] Hintergrund sind zum einen die teilweise sehr **hohen Investitionen** für die Anschaffung der Wärmeerzeuger und die damit verbundenen Infrastrukturen wie etwa Wärmenetze. Zusätzlich entstehen in der Praxis häufig auch Investitionsbedarfe für Anpassungen bei den Abnehmern. Im Vergleich zu konventionellen Technologien entstehen bei klimafreundlichen Wärmekonzepten zudem häufig **hohe bedarfsgebundene Kosten** im Betrieb, beispielsweise durch hohe Stromnebenkosten und Letztverbraucherabgaben für elektrische Energie bei Wärmepumpen.

Zusätzlich werden die kostenbedingten Nachteile noch dahingehend verschärft, dass im bestehenden regulatorischen Rahmen bei vermieteten Gebäuden zum Schutz der Mieter die bestehenden Wärmekosten als Maßstab für neue Vergleichsvarianten dienen. Aufgrund anhaltend niedriger Heizöl- und Erdgaspreise können dadurch jedoch seit Einführung des **Mietrechtsänderungsgesetzes (2012)** kaum noch Bestandsobjekte an $CO_2$-arme und langfristig klimaneutrale Wärmeversorgungsvarianten angeschlossen werden.

Des Weiteren bestehen bei den untersuchten Konzepten **wirtschaftliche Investitionsrisiken**, welche die Projektumsetzung hemmen können. So können beispielsweise von der Planung bis zur Inbetriebnahme einer Geothermie-Anlage wegen umfangreicher Vorarbeiten etwa für Standortsuche, Probebohrungen und Genehmigungsverfahren teilweise mehrere Jahre vergehen. Für den (potenziellen) Anlagenbetreiber stellt dieser lange Realisierungszeitraum neben dem Fündigkeitsrisiko ein hohes wirtschaftliches Risiko dar, das zu negativen Umsetzungsent-




* Im Netzausbaugebiet gemäß § 13 Abs. 6a EnWG

** Umfasst keine bedarfsgebundenen Kosten für Abwärme als Energieträger

**Abbildung 7:** Berechnung und Gegenüberstellung von Wärmegestehungskosten, Quelle: Eigene Darstellung BBHC

[43] Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart, o. J. AGFW – Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK , 2013.

scheidungen führen kann. Die zeitliche Dimension spielt zudem auch unter dem Aspekt der Abschreibungszeiträume eine Rolle: Da die Abschreibungsdauern bei Fernwärmebetreibern (ca. 40 Jahre) und Abwärmelieferanten (ca. 5 Jahre) stark abweichen, könnten Industrieunternehmen von Investitionen zur Bereitstellung der klimaneutralen Abwärme für externe Wärmenutzer bzw. -netze absehen.

## Handlungsempfehlungen

- **Wirtschaftlichkeit klimafreundlicher Wärmeversorgung erhöhen:** Der Spread zwischen klimafreundlichen und klimaschädlichen Versorgungsvarianten muss sich durch geeigneten Maßnahmen zugunsten der klimafreundlichen Varianten reduzieren. Im Klimapaket wird die Weiterentwicklung und umfassende Modernisierung der KWK als Maßnahme beschrieben. Grundvoraussetzung ist die genannte Verlängerung des KWK-G bis 2030. Zusätzlich ist die schnelle Einführung eines Förderprogramms des Bundes im Bereich der systemischen Förderung („Basisprogramm“) für Erneuerbare-Energien-Fernwärmetechnologien nötig.
- **Wärmenetze als Sammelschiene klimaneutraler Erzeugungspotenziale stärken:** Wärmenetze können für urbane Räume eine effiziente und langfristig günstige Wärmeversorgung bereitstellen. Zudem können sie als Sammelschienen für die Integration klimafreundlicher Wärmepotenziale die Umstellung auf erneuerbare Energien im urbanen Raum sowie zwischen Ballungszentren erleichtern und beschleunigen. Im Klimapaket wird der Umbau und Ausbau der Wärmenetze als nötige Maßnahme beschrieben. Diese muss aber noch weiter ausgestaltet werden. Es wird ein deutlicher Ausbau von Wärmenetzen bis 2030 empfohlen. Hierfür müssen kurzfristig ausreichend Mittel im Rahmen der oben beschriebenen systemischen Förderung für den beschleunigten Aus- und Umbau und zur Integration klimaneutraler Wärmequellen sowie zur Durchführung von Maßnahmen beim Endnutzer bereitgestellt werden.
- **Kurzfristig Anreize zur Errichtung und zum Betrieb erneuerbarer Wärmeerzeuger setzen:** Geothermie, Solarthermie und Wärmespeicher für erneuerbare Energie sollten über eine Investitionsförderung angereizt werden. Auch sollte die Anbindung der Anlagen an die vorhandene Infrastruktur gefördert werden. Zudem sollten Großwärmepumpen und Power-to-Heat-Anlagen im Betrieb gefördert werden, um die Nutzung erneuerbarer Energien – auch (aber nicht nur) durch Energiebereitstellung aus dem Umland und aus überregionalen Erneuerbare-Energien-Quellen – zur Wärmeversorgung im urbanen Raum zu stärken und damit die Klimaziele zu erreichen.
- **Wechsel zu langfristig klimafreundlicheren Versorgungskonzepten ermöglichen:** Das Gebot der kurzfristigen Kostenneutralität bei der Umstellung der Wärmelieferung sollte angepasst werden, um die Nutzung klimaneutraler Wärmepotenziale auch in Mietwohnungen zu erhöhen. Deshalb sollte § 556c BGB der Verordnungsermächtigung für die Wärmelieferverordnung so gestaltet werden, dass Effizienz und Klimawirkung ($CO_2$-Minderung) der Versorgung in den Berechnungen gegenüber dem Mieter berücksichtigt werden. Die Wärmelieferverordnung sollte zeitnah novelliert werden, um das Klima- und Effizienzpotenzial von modernen Heizungs- und Gebäudetechnologien zu heben. Dazu sollte insbesondere die Berechnungsmethodik zur Ermittlung der Wärmelieferkosten angepasst und zukünftige Effizienz- und Einspareffekte von Maßnahmen und Technologien berücksichtigt werden (z. B. über einen Effizienzbeitrag).
- **Einbindung von Abwärme durch Abbau von Investitionsrisiken erleichtern:** Es sollten Instrumente geschaffen werden, um die unterschiedlichen Interessen zwischen den Akteuren im Bereich der Abwärmenutzung auszugleichen. Dadurch sollen die Risiken der unterbrechungsfreien Versorgung aus der Abwärme adressiert werden. Dies könnte z. B. über eine Förderung für den Bau und Betrieb der thermischen Einspeisebesicherung oder über Bürgschaften für eine Absicherung des Ausfallrisikos der Investition erfolgen. Letztere greift immer dann, wenn es zu einer vorzeitigen Vertragsauflösung seitens des Einspeisers der Abwärme kommt. Der Versicherungsbetrag sinkt dabei linear über den Zeitraum der Investition.

### 4.3.2 THG als Indikator nutzen, Systemansätze stärken, Monitoring verankern

Konkrete Zielvorgaben und Referenzgrößen im Wärmebereich sind bislang hauptsächlich geprägt durch die Energieeffizienz in Bezug auf den Energiebedarf von Einzelgebäuden. Sosehr die weitere Senkung des Endenergiebedarfs im Gebäudesektor zur Erreichung der Klimaziele notwendig ist, so wichtig ist daneben aber auch, dass die übergeordneten Klimaziele und die Ziele der integrierten Energiewende wirksam und transparent in Quartiere und Gebäude gebracht werden. Zur Erreichung der Klimaschutzziele ist die Senkung der THG-Emissionen im Gebäudesektor eine absolute Notwendigkeit.

Gebäude oder Quartiere, die heute gebaut oder saniert werden, müssen einen Pfad zur **Klimaneutralität 2050** beschreiten, damit sie ihren Beitrag zur Erfüllung der Klimaschutzziele leisten. Was dies konkret bedeutet, ist in der Praxis nicht klar dargestellt, da es in der Gesetzgebung und in den Förderprogrammen keinen direkten Bezug zu dem Begriff Klimaneutralität bzw. zu den THG-Emissionen gibt. Auch gibt es im **Quartier** bislang keine systemische, ganzheitliche Betrachtung des integrierten lokalen Energiesystems über die Gebäudegrenze hinweg, was zu erheblichen Umsetzungshemmnissen in der Praxis führt.

Die Analyse der Praxisbeispiele hat des Weiteren gezeigt, dass der derzeitige Fokus auf dem theoretisch errechneten Bedarf von Gebäuden liegt, was die Umsetzung der Klimaschutzziele im Gebäudesektor in der Praxis wenig transparent gestaltet. Effizienzstandards sind zweifellos wichtig, dadurch wird allerdings die ebenfalls **notwendige effiziente Betriebsführung nicht angereizt**.

## Exkurs: Bilanzgrenze Gebäude

Die Bewertung des energetischen Standards eines Gebäudes ist nach Entwurf des GEG 2019 heute auf den eigenen Endenergiebedarf und die für dessen Bereitstellung vorgelagerte Prozesskette definiert (auf die Primärenergie ergebenden Treibhausgasemissionen). Bei einer ganzheitlichen energetischen Betrachtung von Gebäuden ist nicht nur der Energiebedarf im Gebäudebetrieb, sondern auch der Energieaufwand für die Herstellung, Instandhaltung und das Lebensende der Gebäudekonstruktion, der sogenannten „grauen Energie“, von Bedeutung. Gerade bei der Planung von Neubauten und Sanierungen kann diese Bemessungsgröße eine entscheidende Rolle spielen, da 30–40 % der Umweltwirkung aus diesen Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes stammen. Das wird in Zukunft gerade bei innovativen Gebäudekonzepten im Nullenergie- und Effizienzhaus-Plus-Standard wichtig. Die Betrachtung des Bilanzraumes auf die THG-Emissionen im Lebenszyklus ermöglicht es, eine Lenkungswirkung hinsichtlich der Reduktion der Treibhauspotenziale zu entfalten. Das wird durch die Einführung einer $CO_2$-Bepreisung von Energieträgern über alle Sektoren zusätzlich dazu führen, dass die Gebäudeeigentümer und -nutzer aus eigenem Interesse klimafreundlich handeln.

Zur Erreichung eines effizienten Betriebs sind leicht verfügbare Verbrauchsdaten notwendig, die in einem **kontinuierlichen Monitoring** transparent dargestellt sind. Es werden zwar bereits Monitoring-Plattformen in den verschiedenen Sparten angeboten, es gibt jedoch kein übergreifendes Energiemanagement, welches für den Endverbraucher beispielsweise Daten für Fernwärme, Heizzentralen und Photovoltaik zusammenbringt.

## Handlungsempfehlungen

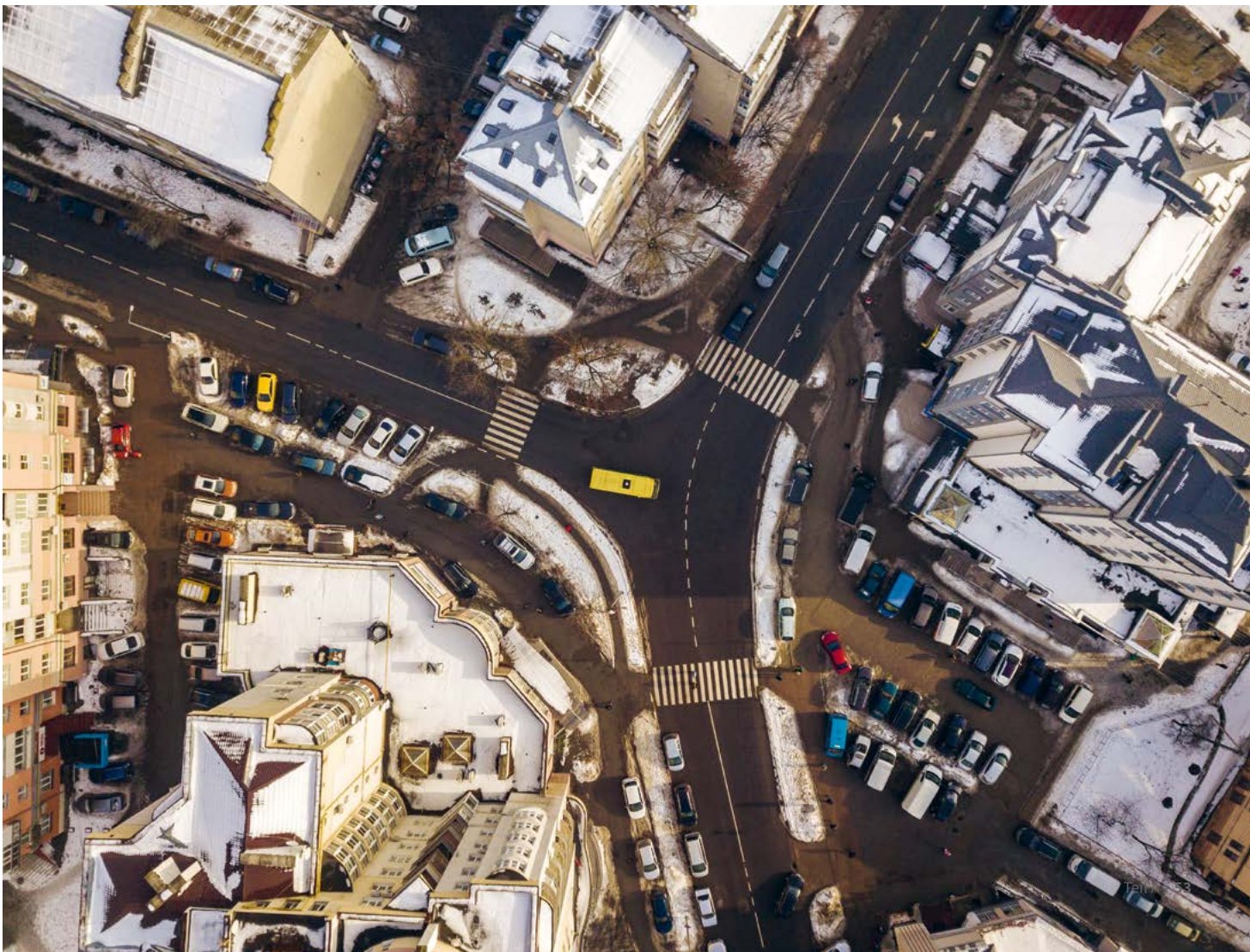
- **THG-Emissionen als Indikator nutzen:** Im Sinne vereinfachter und insbesondere technologieoffener Anforderungen beispielsweise in Förderbedingungen sollten $CO_2$-Äquivalente ($CO_2$eq) als Führungsgröße für klimaneutrale Gebäude verankert werden. Dies würde es den Akteuren erleichtern, konkrete Maßnahmen zur Erreichung der Klimaneutralität der Gebäude zu bestimmen und dadurch konkret und transparent zur Erreichung der übergeordneten Ziele beitragen zu können. Dabei könnte eine Orientierung am Standard von 7 kg $CO_2$eq/m² pro Jahr erfolgen, wie er beispielsweise im Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm festgelegt ist.[44] Ergänzend ist sicherzustellen, dass grundlegende Effizienzkriterien zur Senkung des Energiebedarfs eingehalten werden.
- **Systemische Ansätze und Quartierskonzepte stärken:** Systemische Ansätze wie beispielsweise Quartierskonzepte sind für eine erfolgreiche urbane Energiewende maßgeblich. Sie sollten daher innerhalb und außerhalb von Fernwärmegebieten angereizt werden. Durch integrierte Strom-, Wärme- und Mobilitätskonzepte über bisherige Sektorgrenzen hinweg und mit intelligenter Kopplung unterschiedlicher Energieträger und anderer urbaner Infrastrukturen (beispielsweise Wasser, Abwasser, Entsorgung) können lokale Potenziale erneuerbarer und klimaneutraler Wärmequellen gut in ein kosteneffizientes, verbrauchernahes Wärmesystem eingebunden werden. Langfristig sollten deshalb Emissionsanforderungen nicht nur auf einzelne Verbrauchseinheiten (beispielsweise Einzelgebäude) ausgerichtet, sondern auch systemübergreifende, integrierte Versorgungslösungen mit dem Fokus auf die Reduzierung der THG-Emissionen entwickelt werden. Gleichzeitig ist allerdings sicherzustellen, dass im Einzelgebäude der Energiebedarf und die resultierenden Energiekosten begrenzt werden.
  Neben der Beseitigung konkreter Umsetzungshemmnisse im Kontext Quartier (beispielsweise Kundenanlage) muss auch bei den Akteuren das Wissen in Bezug auf integrierte Quartierskonzepte gestärkt werden. Kurzfristig müssen daher Ansätze und Formate entwickelt werden, um Best-Practice-Beispiele zu dokumentieren und zu kommunizieren, Experten zusammenzubringen, sie wenn nötig weiterzubilden und gemeinsame Projekte zu initiieren.
- **Energiemanagement und -monitoring weiter vorantreiben:** Kommunen sollten in ihrer Rolle als Bindeglied der verschiedenen Akteure gestärkt werden. Eine Möglichkeit ist das Angebot einer Plattform zur leichten Visualisierung von Energiedaten. Auf diese Plattform können Eigentümer und Betreiber von Energiezentralen ihre Energiedaten aufspielen und damit energetische Verbesserungen bei ihrer Anlagentechnik sichtbar machen. Mit der Visualisierung können die Eigentümer der Daten ihre Energieverbräuche und deren Entwicklung dokumentieren. Darüber hinaus können die Eigentümer und Betreiber der Energiezentralen mithilfe der visualisierten Daten ihre Energieverbräuche im Rahmen eines Energiemanagements gezielt reduzieren. Auf diesem Weg kann die Einbindung der Eigentümer und Betreiber von Energiezentralen mit deren möglichen Beiträgen in kommunalen Klimaschutzkonzepten besser gelingen. Als weiterer Anreiz zur Verbrauchsminderung und THG-Reduzierung können erreichte Einsparungen z. B. über Förderprogramme in den Kommunen honoriert werden.

[44] Hirschl, et al., 2015.

### 4.3.3 Einzelinteressen mit lokaler Wärmeversorgungsstrategie verknüpfen

Die Entscheidung, welche Wärmeversorgungkonzepte zum Einsatz kommen, liegt beim Gebäudeeigentümer. Trifft der Einzelne eine Investitionsentscheidung zur Modernisierung oder Anpassung der Heiztechnologie, kommt typischerweise für einen längeren Zeitraum kein erneuter Wechsel in Betracht, es tritt ein sogenannter **Lock-in-Effekt** ein. Dies kann dazu führen, dass dieses Gebäude längerfristig nicht in eine weiterentwickelte Gesamtstrategie mit einem einheitlichen Wärmekonzept integriert werden kann. Für viele integrierte Konzepte – insbesondere bei einem Zusammenschluss mehrerer Gebäude in einem kommunalen oder quartiersbezogenen Wärmenetz – ist aber für einen wirtschaftlichen Betrieb eine hohe Anzahl von Anschlussnehmern zentral. Die Interessen und Entscheidungen der einzelnen Gebäudeeigentümer können lokalen Ansätzen für eine Wärmeversorgung im Sinne der Klimaschutzziele entgegenstehen. Hierdurch bleiben die großen **Potenziale** für den Einsatz klimaneutraler Energiequellen, welche urbane Räume mit ihrer hohen Bebauungsdichte und ihren großen Wärmebedarfen bieten, mangels einer koordinierenden Strategie bisher größtenteils ungenutzt.

Zusätzlich sind die Anforderungen für den optimalen Einsatz bestimmter Wärmeerzeugungstechnologien häufig situationsabhängig und können dabei auch im Widerspruch zu bestehenden Infrastrukturen oder der derzeitigen lokalen Situation (beispielsweise verfügbare Wärmequellen oder  senken sowie Freiflächenbedarfe) stehen. Dies betrifft sowohl Ansätze mit Einbindung von Wärmenetzen als auch gebäudeintegrierte Versorgungskonzepte. So haben beispielsweise Abwasserwärmepumpen konkrete Anforderungen an spezifische **Rahmenparameter** (Temperaturniveau des Wärmenetzes, geeignete Kanäle, erforderliche Temperatur bei Abnehmern), um eine effiziente, langfristige Nutzbarmachung dieses klimafreundlichen Wärmepotenzials zu ermöglichen. Der energetische Zustand der Bestandsgebäude und die darin befindlichen Heizsysteme sind häufig nicht auf die mit dieser Technologie möglichen Temperaturniveaus ausgerichtet, auch können spätere Veränderungen der am jeweiligen Abwasserstrang angeschlossenen Gebäude die Rahmenbedingungen und damit die Wirtschaftlichkeit der eingesetzten Lösung erheblich verändern.



Im urbanen Raum bieten gebäudeintegrierte Wärmepumpen vor allem eine Versorgungsvariante in Ein- und Zweifamilienhaussiedlungen, meist in Stadtrandlagen. Die erforderliche energieeffiziente Gebäudehülle (Neubau, sanierter Altbau) ist bei der bislang deutschlandweit bestehenden Sanierungsrate von nur einem Prozent noch nicht sehr verbreitet. Auch kann es bei der Anwendung aufgrund der **Flächenanforderungen** vor allem in dicht besiedelten Gebieten zu standortbedingten Hemmnissen kommen. In Relation zu dem benötigten hohen Wärmebedarf sind beispielsweise bei Konzepten mit Einbindung oberflächennaher Geothermie die vorhandenen Flächen und die daraus resultierenden Wärmemengen so gering, dass Wärmepumpen hier allenfalls als Ergänzung zu anderen Wärmeversorgungssystemen zum Einsatz kommen. Größere Freiflächenanlagen sind im urbanen Raum besonders schwer umsetzbar. Auch wenn beispielsweise solarthermische Anlagen im Außenbereich privilegiert genehmigt werden, ist es in urbanen Ballungsräumen schwierig, Standorte für die Nutzung erneuerbarer Energien zu lokalisieren, zumal für den bestehenden Platz verschiedene Nutzungskonzepte – beispielsweise Schaffung von Wohnraum, Infrastruktur etc. – miteinander konkurrieren.

## Handlungsempfehlungen

- **Kommunale Wärmeplanung muss den „richtigen Rahmen“ setzen:** Wie in der kommunalen Praxis als Bestandteil der Energieraumplanung schon umgesetzt, sollten eine kommunale Wärmeplanung und einheitliche Planungsinstrumente den „richtigen Rahmen“ setzen, damit die kommunale Wärmestrategie konsequent umgesetzt und transparent kommuniziert werden kann. Zusammen mit der bereits bestehenden Bauleitplanung und städtebaulichen Verträgen sollten Kommunen ihre bestehenden Planungsinstrumente im Rahmen einer Gesamtstrategie zur Wärmeplanung weiterhin konsequent nutzen. Die kommunale Wärmeplanung sollte in der Breite fester Bestandteil kommunaler Planungsinstrumente werden, um eine strategische Leitplanung zu ermöglichen und spezifische Anforderungen klimaneutraler Konzepte besser managen zu können.
  Für eine strukturierte und effiziente urbane Wärmewende sollten die Bundesländer daher Kommunen die nötigen Anreize für die Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung setzen. Diesbezüglich sollten Mittel bereitgestellt werden, die auch Kommunen in der Haushaltssicherung die Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung ermöglichen. Des Weiteren sollten ein Leitfaden zur Ausgestaltung des Wärmeplanungsprozesses und weitere Arbeitshilfen in Kooperation mit den Kommunen erarbeitet werden.
- **Grundlagen schaffen: Datenverfügbarkeit verbessern und Koordination unterstützen:** Die Prozesse zur Erschließung lokaler Wärmepotenziale in den Kommunen sollten unterstützt werden. Dies kann beispielsweise durch eine Förderung von Ansprache und anschließenden Abstimmungs- und Verhandlungsgesprächen zwischen Wärmelieferanten und Wärmeabnehmern erfolgen.
  Zudem müssen zur Erstellung einer Wärmeplanung Datengrundlagen geschaffen werden, damit die Kommunen überhaupt in die Lage versetzt werden, die Planung zielführend durchführen zu können. Hierfür sollte es bundesweit einen Auskunftsanspruch der Kommunen gegenüber privaten Unternehmen, öffentlichen Stellen und bevollmächtigten Schornsteinfegern geben, wie er in einzelnen Bundesländern (beispielsweise Schleswig-Holstein und Thüringen) bereits verankert ist.

## Serielles Sanieren nach dem Energiesprong-Prinzip

Energiesprong ist ein neuartiges Sanierungskonzept, das für kurze Sanierungszeiten und ein innovatives Finanzierungsmodell steht. Ziel ist, eine Sanierung mit NetZero-Standard warmmietenneutral zu ermöglichen. Das Gebäude erzeugt im Anschluss über das Jahr so viel Energie für Heizung, Warmwasser und Strom wie benötigt wird. Um die Bauzeiten so kurz wie möglich zu halten, setzt das Energiesprong-Prinzip auf hochwertige standardisierte Lösungen mit vorgefertigten Elementen. Die dena koordiniert die Entwicklung des deutschen Markts in enger Zusammenarbeit mit Vorreitern aus der Bau- und Wohnungswirtschaft. Die ersten Pilotprojekte zeigen ab 2019, wie es in der Praxis funktioniert.

### 4.3.4 Spezifische Sanierungslösungen können Interessenkonflikte lösen

In der Praxis gibt es bei Sanierungen zur Energiebedarfssenkung Interessenkonflikte, die der Energieeffizienzmaßnahme entgegenstehen – beispielsweise Sozialpolitik, Umwelt- und Denkmalschutz. Deutschlandweit wohnen etwas mehr als die Hälfte aller Haushalte zur Miete, im urbanen Raum ist der Anteil sogar noch erheblich höher. Will man diese Mietwohnungen energieeffizient sanieren, stößt man auf das sogenannte **„Nutzer-Investor-Dilemma“**: Der Investor hat häufig kein eigenes Interesse an energetischen Modernisierungen, weil davon zumeist nur die Nutzer in Form geringerer Betriebskosten profitieren und eine Refinanzierung der geleisteten Investitionen nur schwer möglich ist. Die Problematik verschärft sich in wenig attraktiven Wohnlagen mit einer finanziell schwachen Mieterklientel. Das **„Nutzer-Investor-Dilemma“** ist deshalb, was die Energieeffizienz der Bestandsgebäude (Nachfrageseite) betrifft, in urbanen Räumen von besonderer Relevanz. Das wird besonders bei Häusern offensichtlich, die in einem guten äußeren Zustand sind und bei denen die Notwendigkeit einer energetischen Sanierung nicht ersichtlich ist. Ein weiteres Hemmnis kann durch erhöhte Kosten bei der Sanierung von unter Denkmalschutz stehenden Häusern entstehen.

## Handlungsempfehlungen

- **Spezifische Lösungsansätze erarbeiten, um Zielkonflikte zu vermeiden:** Die Auflösung des Nutzer-Investor-Dilemmas war bereits Gegenstand verschiedener Projekte und Studien. Dabei wurde das Grundproblem der ungleichen Kosten- und Nutzenverteilung (die möglichst weitgehende Refinanzierung der Investitionen für den Gebäudeeigentümer, ohne den Nutzer dabei unangemessen zu belasten) noch nicht vollständig gelöst. Als Ansatzpunkte zur Minderung des Nutzer-Investor-Dilemmas dienen eine bessere Förderung der Investitionen oder auch eine anteilige, warmmietenneutrale Umlage der energetischen Sanierungskosten. Diese Ansätze sollten weiter in die Breite gebracht und kommuniziert und gegebenenfalls weiterentwickelt werden. Zusätzlich sollten Quartierskonzepte im Rahmen der Energetischen Stadtsanierung in der Umsetzung gestärkt werden (wie im Klimapaket vorgesehen), da diese diesbezüglich einen wichtigen Beitrag leisten können.
- **Zur Erhöhung der Sanierungsraten müssen neue Anreize gesetzt werden:** Die Gebäudesanierung sollte durch eine Erhöhung der Anreize (z. B. Erhöhung der Förderung, Erhöhung der Abschreibung, Einführung der Steuerförderung, gegebenenfalls Steuerung durch $CO_2$-Bepreisung) beschleunigt werden. Darüber hinaus sollten übergreifende Sanierungsstrategien (Sanierungsfahrpläne für Gebäudeportfolios) sowie auf eine größere Masse abzielende Ansätze wie das serielle Sanieren als Instrumente in Hinblick auf die Erreichung der Klimaneutralität 2050 stärker genutzt werden. Hierzu wurden im Klimapaket zahlreiche Maßnahmen definiert, die jetzt ausgestaltet und umgesetzt werden müssen.
- **Die öffentliche Hand muss ihrer Vorbildfunktion gerecht werden:** Die öffentliche Hand muss kurz- bis mittelfristig ihrer Vorbildfunktion bei der energetischen Sanierung ihrer Liegenschaften stärker gerecht werden. Hier sollte vor allem ein Schwerpunkt auf Sanierungskonzepte zu klimaneutralen Gebäuden gelegt werden, z. B. mithilfe eines Sanierungsfahrplans. Die Vorbildfunktion von Bundesgebäuden in den Bereichen Energieeffizienz, Klimaschutz und Nachhaltiges Bauen wird auch im Klimapaket hervorgehoben und als Maßnahme definiert.

# A5 Mobilität im urbanen Raum

## 5.1 Bedeutung und Status quo der Mobilität im urbanen Raum

Urbane Verkehre entstehen durch den Transport von Personen und Gütern: Beschäftigte kommen durch Verkehr zur Arbeit, Waren und Güter werden geliefert, Einwohner und Besucher finden den Weg zu den Angeboten der Stadt. Die arbeitsteilige Wirtschaft wurde begünstigt durch ein Transportangebot mit hoher räumlicher und zeitlicher Verfügbarkeit und geringen Transportkosten. Verkehr hat daher eine dem urbanen Raum dienende Funktion. Urbane Räume sind zudem nicht verkehrlich isoliert, sondern mit dem Umland und weit entfernten Zielen eng verflochten.

Grundsätzlich bleibt die Zahl der Wege der mobilen Bevölkerungsgruppen seit Jahrzehnten zwar weitgehend konstant, jedoch ist eine kontinuierliche Steigerung der Wegelängen zu beobachten. Dabei sind verdichtete städtische Räume (Metropolen, Regiopolen, zentrale Städte und Mittelstädte in ländlichen Regionen) im Vergleich zu kleinstädtischen und dörflichen Räumen relativ „verkehrssparsam“: Die Tagesstrecken liegen in Metropolen um ca. 5 Prozent niedriger als im deutschen Durchschnitt und um ca. 16 Prozent niedriger als in kleinstädtischen, dörflichen Räumen.

Mit steigender Größe einer Stadt sinkt zudem in der Verteilung der verschiedenen Verkehrsmittel (Modal Split) der Anteil der Wege mit dem motorisierten Individualverkehr (MIV): In Metropolen werden 38 Prozent der Wege als Pkw-Fahrer bzw. -Mitfahrer zurückgelegt, während der MIV-Anteil in den etwas kleineren Regiopolen und Großstädten bei 50 Prozent liegt. Umgekehrt steigt der Anteil der Wege mit dem Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) von 12 Prozent in Regiopolen und Großstädten auf 20 Prozent in Metropolen. Der in Metropolen hohe Anteil des Umweltverbundes – insbesondere Fußgänger und Fahrradverkehr, öffentliche Verkehrsmittel (Bahn, Bus und Taxis) sowie Sharing-Angebote – korrespondiert mit einem hohen Anteil autofreier Haushalte: 42 Prozent der Metropolhaushalte besitzen kein eigenes Auto. Die Anteile der jeweiligen Verkehrsmittel an Verkehrsaufkommen und -leistung variieren zwischen den Städten teilweise sehr deutlich. Differenziert nach Stadttypen weisen Metropolen und Großstädte die höchsten Anteile des Umweltverbunds im Modal Split auf, während dieser in mittleren und kleinen Städten deutlich MIV-affiner ausfällt. Korrespondierend hierzu unterscheiden sich zumeist auch die Motorisierungsgrade von großen, mittleren und kleinen Städten.

Der Städtevergleich des Modal Split zeigt – neben ortsspezifischen Eigenheiten – insbesondere, dass der verkehrliche Gestaltungsspielraum von den Kommunen unterschiedlich genutzt wird. Die Angaben zum Modal Split allein sind jedoch nur begrenzt aussagefähig hinsichtlich der Klimawirkungen des Verkehrs.

# 5.2 Entwicklungen und Ansätze für die urbane Mobilität

Mit dem auf nationaler Ebene seit mehreren Jahrzehnten zu beobachtenden Anstieg der Einwohnerzahlen in urbanen Räumen – bei zwischen den Regionen teils deutlich unterschiedlichen Entwicklungen – steigt auch die verkehrliche Nachfrage durch die Einwohner sowie indirekt die Transportnachfrage zur Versorgung der Bevölkerung. Damit einher gehen auch unerwünschte externe Effekte wie steigende Schadstoff- und Lärmbelastung, verstärkte Klimagasemissionen sowie die Erhöhung von Unfallrisiken. Zudem nimmt der Transportbedarf auch durch den wachsenden Marktanteil von E-Commerce sowie durch Spezialisierung, Arbeitsteilung und Globalisierung im produzierenden Gewerbe und in der Industrie zu.

Ordnungspolitische Maßnahmen zielen seit Jahrzehnten überwiegend auf fahrzeugtechnische Optimierungen und nicht auf die Reduzierung des ressourcenintensiven motorisierten Individualverkehrs (MIV) ab. Diese Maßnahmen adressieren nur einzelne Handlungsbedarfe und werden auch künftig durch die prognostizierten Verkehrsentwicklungen in Teilen kompensiert. Dagegen wurden verkehrslenkende und verkehrsvermeidende Instrumente und Maßnahmen nicht dem Handlungsbedarf entsprechend weiterentwickelt und in (neue) städtische Mobilitätskonzepte integriert. Raum- und stadtplanerische Strategien, Konzepte und Maßnahmen mit dem Ziel, Verkehrswege und Verkehrsleistung (in Personen bzw. Tonnenkilometern) zu senken und größere Anteile auf effiziente Verkehrsmittel zu verlagern, gewinnen gerade im Hinblick auf die urbane Energiewende überdurchschnittliche Relevanz.

## Typische Ansätze der Mobilität und der Transportaufgaben in urbanen Räumen

Personen- und Gütertransport erfolgen fast immer durch kombinierte Nutzung von Fahrzeugen und Infrastrukturen. Typische Transportaufgaben auf kommunaler Ebene sind:

1. Beförderung von **Personen**, insbesondere Pendlerverkehre (vom Wohnort zum Arbeitsplatz und zurück mit weitgehend stabiler Verkehrsmittelwahl) sowie Freizeitverkehre (mit wechselnden Zielen und wegeabhängiger Verkehrsmittelwahl).
2. Beförderung von **Gütern**, insbesondere von Stückgut und Kurier-, Express- und Paketlieferungen (KEP), sowie Schwerlasttransporte mit großen Transportvolumina und Gewichten durch Lastwagen.

Im Folgenden werden sind urbane Verkehre unter Berücksichtigung von zukünftig möglichen innovativen Technologien und Zustellungskonzepten dargestellt. Der Ausgangspunkt und das Ziel der jeweiligen Transportaufgabe, die bei einzelnen Transportaufgaben erforderlichen Zwischenstationen und die hierbei genutzten Infrastrukturen bilden die Kernelemente dieser Darstellung.

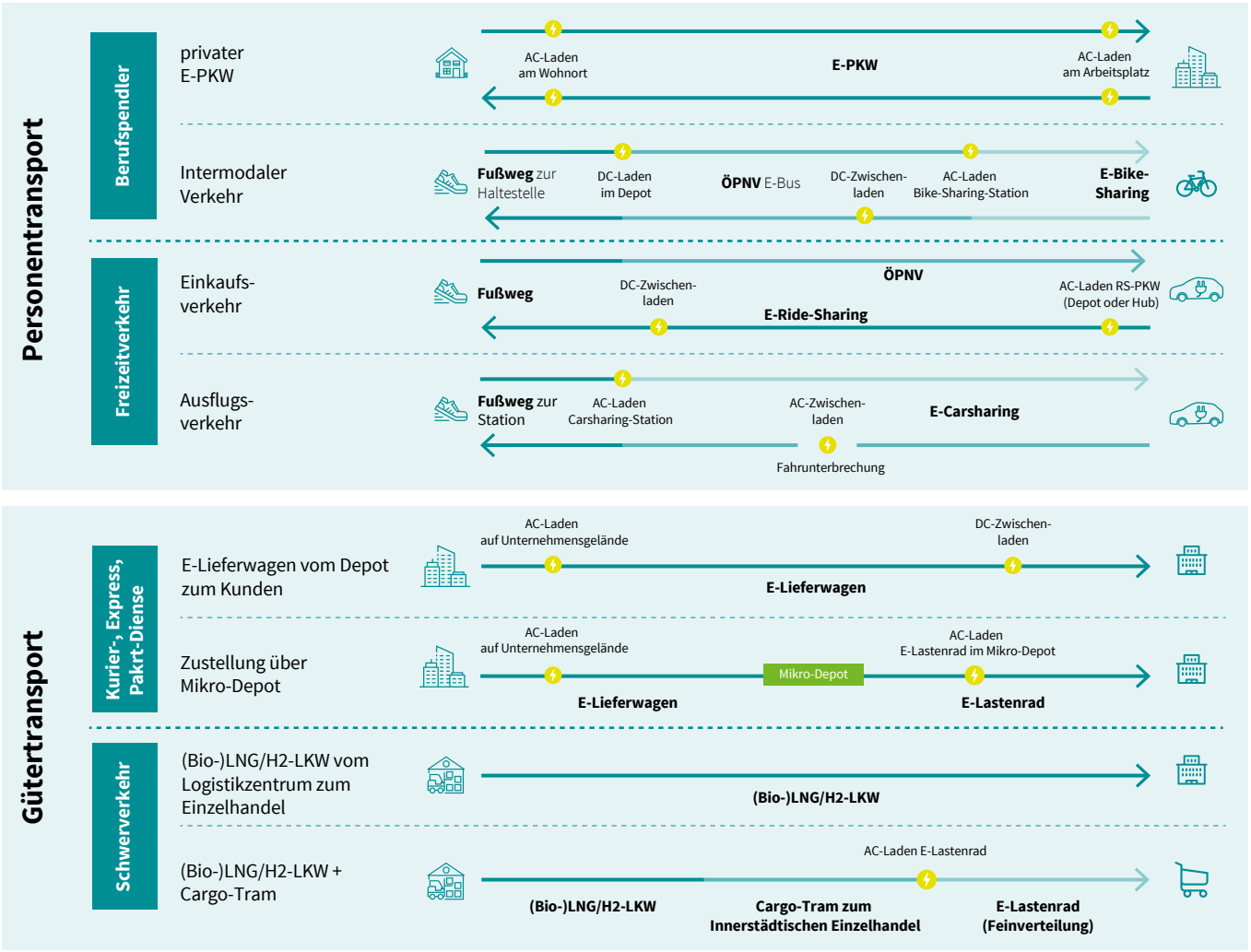



**Abbildung 8:** Urbane Verkehre unter Berücksichtigung von innovativen Technologien/Zustellungskonzepten, Quelle: Eigene Darstellung

Die gesamte Verkehrsleistung im Personenverkehr, d. h. die zurückgelegten Strecken multipliziert mit der Zahl der beförderten Personen, erhöhte sich im Zeitraum von 1991 bis 2017 um rund 37 Prozent, während der motorisierte Individualverkehr um ca. 33 Prozent zunahm. Den größten Anteil am Personenverkehrsaufwand hatten im Jahr 2016 Urlaubs- und Freizeitverkehre mit 43 Prozent.[45]

Der absolute Kraftstoffverbrauch im deutschen Straßenverkehr lag 2017 trotz technisch effizienterer Fahrzeuge um vier Prozent höher als noch im Jahr 1995. Die Verbrauchstendenzen sind dabei im Straßenpersonen- und Straßengüterverkehr nicht gleichlaufend, so verringerte sich der Kraftstoffverbrauch im Personenverkehr um 0,5 Prozent, während sich dieser im Güterverkehr um 15 Prozent erhöhte. Neben den technischen Verbesserungen der Kraftfahrzeuge waren die Erhöhung der Abgabenlast auf Kraftstoffe sowie die Forcierung des öffentlichen Personenverkehrs wesentliche Treiber für Verbrauchsminderungen im Straßenpersonenverkehr. Die durch fahrzeugseitige Effizienzsteigerungen erzielten Kraftstoffeinsparungen wurden zum Teil durch höhere erbrachte Verkehrsleistungen (die Fahrleistung der privaten Haushalte stieg allein zwischen 2010 und 2017 um mehr als neun Prozent an[46]) und größere sowie leistungsstärkere Fahrzeuge aufgezehrt.[47]

Der Absatz am Pkw-Markt entwickelt sich seit mehreren Jahren hin zu kleineren und größeren Fahrzeugen, insbesondere SUVs (Sport Utility Vehicles) bzw. Geländewagen sind gefragt. Der Bestand kleinerer Pkw hat im Zeitraum von 2009 bis 2018 um 10 Prozent zugenommen, ihr relativer Anteil am Bestand aller zugelassenen Pkw veränderte sich mit 52 Prozent jedoch nicht. Überdies hat der Bestand von Vans und SUVs im selben Zeitraum um 84 Prozent zugenommen, ihr relativer Anteil erhöhte sich von 14 auf 23 Prozent.[48]

Mit den Veränderungen im Kaufverhalten ist die durchschnittliche Motorleistung der Pkw-Flotte im Zeitraum

[45] Umweltbundesamt, 2019b.
[46] Statistisches Bundesamt, 2019a.
[47] Umweltbundesamt, 2019c.
[48] Umweltbundesamt, 2019d.

1999 bis 2016 von 67 auf 87 kW und damit um 30 Prozent gestiegen; auch diese verbraucherhöhende Entwicklung trug dazu bei, dass die technischen Verbesserungen teilweise kompensiert wurden.[49]

Die Datenlage zum Wirtschaftsverkehr, d. h. zu allen Fahrten mit dienstlichen/geschäftlichen Zwecken, die den Personenwirtschaftsverkehr und den Güterverkehr einschließen, ist vergleichsweise schwach. Die erstmalige, stichprobenartige Erhebung erfolgte 2002 und eine Fortschreibung im Jahr 2010. Die Anteile der innerstädtischen Wege bzw. Transporte sowie der Verkehrs- und Transportleistungen sind nicht erfasst.

## 5.3 Fazit und Handlungsempfehlungen zur Mobilität in urbanen Räumen

Die technologischen, kraftstoffseitigen und verkehrlichen Entwicklungen der vergangenen drei Jahrzehnte haben nicht dazu beigetragen, die $CO_2$- und Schadstoffemissionen in dem notwendigen und gewünschten Maße zu reduzieren. Dieser Konflikt wird verschärft durch weiter wachsende verkehrliche Anforderungen einzelner Gruppen von Bewohnerinnen und Bewohnern urbaner Räume sowie einzelner Verkehrszwecke: Im Personenverkehr beispielsweise hinsichtlich individueller und flexibler Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen, im Gütertransport durch die Anforderung der zunehmend schnellen, zeitgenauen Zustellung von Warensendungen. Analog hierzu steigen die Anforderungen an den gewerblichen Waren- und Gütertransport: Just-in-time-Belieferung, „Lagerhaltung auf der Straße“ sowie zunehmender Verkehrsaufwand durch Spezialisierung, Arbeitsteilung und Globalisierung im produzierenden Gewerbe und in der Industrie.

Der Handlungsbedarf wird durch die wachsenden Ansprüche an die Lebensqualität im urbanen Raum verstärkt. Diese betreffen zuallererst das Wohnumfeld: Niedriger Verkehrslärmpegel und geringe Luftschadstoffbelastung, gute verkehrliche Erreichbarkeit mit allen Verkehrsmitteln einschließlich eines kostengünstigen und ausreichenden sowie jederzeit verfügbaren Parkraumangebots, verkehrsberuhigte Räume bzw. Fußgängerzonen, gut erreichbare Nahversorgung, ausreichende Grünflächen, vielfältige Freizeitangebote sowie hochwertige soziale Infrastruktur sind wesentliche Merkmale eines qualitativ hochwertigen Wohnumfelds.

Der verkehrlichen Nachfrageentwicklung stehen insbesondere in der „gebauten Stadt“ oft keine Möglichkeiten für einen Ausbau der Verkehrsinfrastrukturen gegenüber. Nutzungskonkurrenzen und Nutzungskonflikte um das vorhandene Infrastrukturangebot nehmen daher zu. Eine Erweiterung des Infrastrukturangebots wird den umwelt- und klimaseitigen Handlungsbedarf jedoch nicht reduzieren, sondern tendenziell noch verstärken.

Es ist eine wichtige Aufgabe, die Vorteile einer hohen urbanen Nutzungsdichte auszuschöpfen. Diese kann mit kurzen Transportwegen für Personen und Güter verbunden sein. Zudem ist der Anteil effizienter, kollektiver Verkehrsmittel in urbanen Räumen tendenziell höher. Wenn die Nutzungsdichte durch raum- und stadtplanerische Maßnahmen mit intensiver Nutzungsmischung verbunden wird, erreichen hochleistungsfähige Massenverkehrsmittel – insbesondere schienengebundene – hohe Auslastungen und damit die Voraussetzung für ein energieeffizientes, umwelt- und klimagerechtes urbanes Angebot im Personenverkehr.

### Urbane Verkehre als Ausgangspunkt einer Verkehrswende begreifen

Der urbane Raum als Quelle und Senke von Verkehren muss auch in Deutschland stärker als Vorreiter einer Verkehrswende begriffen werden, die auf eine deutliche Stärkung des Umweltverbunds in Kombination mit neuen Mobilitätsdienstleistungen ausgerichtet ist. Auch bedarf es einer weiteren Steigerung der Effizienz der Lieferverkehre, die nicht nur durch alternative Antriebe, sondern auch neue Belieferungskonzepte ermöglicht werden kann. Nur so werden sich gemeinsam Schadstoff-, Lärm- und Treibausgasemissionen senken sowie Flächennutzungskonflikte reduzieren lassen. Zur Umsetzung dieser Verkehrswende im urbanen Raum benötigt es mehr Mut der kommunalen Entscheidungsträger, Maßnahmen auch gegen Widerstände von Teilgruppen durchzusetzen. Darüber hinaus bedarf es erweiterter gesetzlicher Kompetenzen und Spielräume für die Kommunen, z. B. durch die Anpassung der Straßenverkehrsordnung, in Kombination mit einer veränderten Abgaben- und Steuersystematik des Verkehrs.

[49] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2017; Blümel & Petersen, Energieverbrauch und Kohlendioxidemissionen der motorisierten Stadtverkehrsmittel. In: Bracher et al. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, Loseblattwerk, 2012.

### 5.3.1 Stärkung des ÖPNV und Einbindung von neuen Mobilitätskonzepten

Der öffentliche Verkehr muss zukünftig noch stärker als Rückgrat eines effizienten urbanen Verkehrssystems fungieren. Er muss in seiner Rolle als umweltverträgliches und für dicht besiedelte Räume besonders ressourcenschonendes Mobilitätskonzept gegenüber dem motorisierten Individualverkehr gestärkt, ausgebaut und qualitativ verbessert werden, um höhere Anteile am urbanen Verkehrsaufkommen aufnehmen zu können.

## Handlungsempfehlungen

- **Klimaziele in Nahverkehrsplänen verankern, unternehmerische Gestaltungsräume erhalten:** Das Instrument Nahverkehrsplan übernimmt bei der Ausgestaltung und Förderung des ÖPNV eine zentrale Rolle. In diesem kann der Aufgabenträger des ÖPNV und des SPNV auch konkrete klimapolitische Ziele und Minderungspfade sowie das Monitoring festlegen und in den Verkehrsvertrag einfließen lassen. Dabei sollte Wasserstoff als lokal emissionsfreier Treibstoff für den ÖPNV und SPNV mitgedacht werden. Bei den Vorgaben von Klimazielen sollten die unternehmerischen Gestaltungsspielräume der ÖPNV-Unternehmen erhalten bleiben und die regionalen Besonderheiten beachtet werden. Die Handhabe über den Nahverkehrsplan und benachbarte Instrumente können Teil kommunaler Steuerung zur Stärkung des ÖPNV unter Berücksichtigung von Klimaschutz- und Umweltaspekten sein. Zukünftig sollte es das Ziel sein, Nahverkehrspläne integriert zwischen angrenzenden Kommunen zu planen und abzustimmen. Hierfür müssen auch durch Bund und Länder Grundlagen geschaffen und Projektansätze initiiert werden.
- **Den ÖPNV gegenüber dem MIV stärken und emissionsfreie Angebote aktiv ausbauen:** Um das Verkehrsaufkommen in urbanen Räumen zu reduzieren, sollten für eine steigende Effizienz und höhere Attraktivität des ÖPNVs gegenüber dem MIV Neuaufteilungen von öffentlichem Straßenraum im Sinne des Umweltverbunds zugunsten von Busspuren vorgenommen werden. Auch Fahrradspuren und Fußgängerwege sollten im Rahmen einer Neuaufteilung mitgedacht werden. Im Rahmen des Ordnungsrechts sollten Kommunen dabei auch ihren Gestaltungsspielraum beispielsweise bei der Gestaltung von Gebühren (Zulassung, Parken) im Sinne einer klimafreundlichen Mobilität nutzen. Auch sollten im urbanen Raum schienengebundene und elektrifizierte Mobilitätsangebote des öffentlichen Verkehrs (S- und U-Bahn, Tram, Regionalverkehre) erweitert werden, um eine emissionsarme Mobilität zu gewährleisten. Dazu gehören auch die stärkere Elektrifizierung von Strecken, die in oder durch innerstädtische Gebiete führen, oder die Umstellung der Fahrzeuge auf elektrifizierte Antriebe.
- **Sharing-Angebote als Ergänzung zum ÖPNV verstehen und gezielt einsetzen:** Um Sharing-Angebote, insbesondere Carsharing, als Ergänzung und nicht als Konkurrenz zum ÖPNV einzusetzen, sollten kommunale Planungskonzepte für solche Flotten entwickelt werden. Carsharing-Angebote tragen nur dann zur Reduzierung des Verkehrsaufkommens und der Emissionen bei, wenn sie andere Verkehrslösungen ergänzen und mit ihnen kombiniert werden. Auch die Anzahl der im Privatbesitz befindlichen Pkw muss stärker sinken, als die Anzahl der Carsharing-Fahrzeuge steigt. Carsharing-Konzepte müssen daher auf die jeweiligen Gegebenheiten der Kommunen abgestimmt sein und einen Beitrag zur verbesserten Mobilität im Sinne der Daseinsfürsorge leisten. Emissionsmindernd sind Sharing-Angebote nur, wenn deutlich effizientere und mit $CO_2$-freien Energieträgern betriebene Fahrzeuge zum Einsatz kommen.
  Die Umsetzung des aktuellen Carsharinggesetzes (CsgG)[50] des Bundes erweist sich gerade für viele große Kommunen als wenig praxistauglich. Um Carsharing als Teil eines effizienten urbanen Verkehrs zu integrieren, empfiehlt es sich daher für Ländern und Kommunen, die Anforderungen des CsgG in übergeordnete Rechtsgrundlagen, wie z. B. Mobilitätsgesetze oder Nahverkehrsgesetze, zu integrieren.

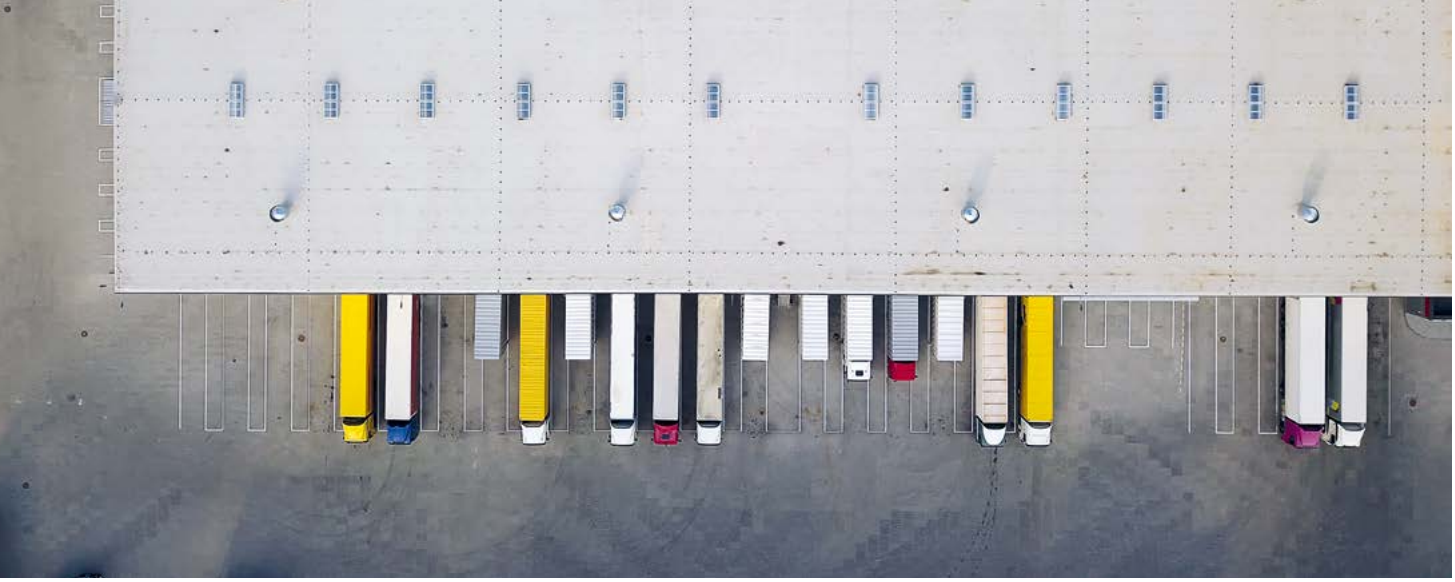
[50] Carsharinggesetz (CsgG) vom 5. Juli 2017 (BGBl. I S. 2230).

### 5.3.2 Ausbau der Ladeinfrastruktur, netz- und systemdienliches Laden vorbereiten

Der weitere Ausbau der Ladeinfrastruktur im privaten, im halböffentlichen und im öffentlichen Raum muss beschleunigt werden, um den Markthochlauf der Elektromobilität zu unterstützen. Dafür sind Förderprogramme für eine verbesserte Wirtschaftlichkeit und angepasste Rahmenbedingungen notwendig. Zusätzlich sollten klare Regelungen und Schnittstellen für netz- und systemdienliches Laden vorbereitet werden.

## Handlungsempfehlungen

- **Der Ausbau der Ladeinfrastruktur braucht Förderung:** Aufgrund der gegenwärtig mangelnden Wirtschaftlichkeit des Betriebs der Ladeinfrastruktur (LIS) ist auch zukünftig eine öffentliche Förderung von öffentlicher, halböffentlicher und privater LIS notwendig, die in Form von Förderprogrammen anbieterseitig Anreize zu Investitionsaktivitäten schaffen kann.
- **Personalkapazitäten erhöhen, um Genehmigungsprozesse für den Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur zu verkürzen:** Durch die Schaffung von qualifizierten Personalressourcen bei den Straßenbaulastträgern zur Bearbeitung von Anträgen und Genehmigungen für die Errichtung von Ladeinfrastruktur und die Weiterbildung des Verwaltungspersonals zu den Rechtsvorschriften für den Betrieb und zur Standortauswahl von Ladeinfrastruktur soll die Dauer der Genehmigungsprozesse verringert werden. Neben den fachlich-thematischen Qualifikationsaspekten ist die Implementierung von effizienten und einheitlichen Verwaltungsabläufen zur Abarbeitung von LIS-Anträgen als wesentliche Lösungsoption hervorzuheben.
- **Die halböffentliche Ladeinfrastruktur braucht klare, bundeseinheitliche Rahmenbedingungen:** Für den effizienten Ausbau der halböffentlichen Ladeinfrastruktur sind besonders für deutschlandweit vertretene Unternehmen bundeseinheitliche Rahmenbedingungen notwendig. Daher sollten die in der EU-Gebäuderichtlinie enthaltenen Regelungen und Anforderungen (Verpflichteter, Umsetzungszeitpunkte, Ausnahme- und Befreiungstatbestände, Mindestanforderungen an Ladeleistung und technischer Ausstattung) bundeseinheitlich festgelegt werden, um einen kosteneffizienten Aufbau zu ermöglichen.
  Bezüglich der Mindestanzahl der Ladepunkte kann es durchaus sinnvoll sein, dass Bundesländer regional unterschiedliche Ziele anhand eines nachfrage- und marktorientierten Ansatzes definieren können. Die Definition der Mindestanzahl von Ladepunkten könnte nach einem gemeinsam zwischen Bundesländern und Bund abgestimmten Schlüssel erfolgen, der auch Unterschiede der Nachfragegeschwindigkeiten der Elektromobilität einbezieht. Zudem sollte der Verwaltungs- und Berichtsaufwand für den Betrieb von Ladeinfrastruktur gerade im halböffentlichen Raum vereinfacht werden.
- **Die private Ladeinfrastruktur braucht klare Rahmenbedingungen und freien Wettbewerb:** Zentrale Lösungsoption für den Aufbau der privaten Ladeinfrastruktur ist die schnelle Umsetzung der bereits vorbereiteten bundesgesetzlichen Regelung des Miet- und Wohnungsrechts. Hauseigentümer, Wohnungsmieter und Netzanschlussbetreiber müssen auf einen grundständigen Rechtsrahmen mit sinnvoll verteilten Verantwortungen zurückgreifen können. In Bestandsgebäuden sollte der Aufbau privater Ladeinfrastruktur auf Effizienz geprüft werden. Dabei sollte beispielsweise beachtet werden, dass zu geringe Leitungsquerschnitte zu extrem hohen Kosten führen können.
  Mit Blick auf die Ziele eines beschleunigten und flächendeckenden Ladeinfrastrukturaufbaus sollten lokale oder regionale Ladeinfrastrukturmonopole vermieden werden. Verteilnetzbetreiber sollten daher eine Ablehnung des Aufbaus von Ladeinfrastruktur begründen können. Gleichzeitig sollte beachtet werden, dass Verteilnetzbetreiber auch in schlechter ausgelasteten Standorten Ladeinfrastruktur aufbauen und damit zur Flächenabdeckung beitragen.
  Um eine flexible netz- und systemdienliche Nutzung der Ladeinfrastruktur zu ermöglichen, sollte unter Berücksichtigung der Ansprüche und Rechte der Nutzer der rechtliche Rahmen für die Steuerung der Ladevorgänge durch den örtlichen Anschlussnetzbetreiber geschaffen werden. Dies darf allerdings nicht zu einer geringeren Attraktivität der Elektromobilität an sich führen.



### 5.3.3 Die Verkehrsbelastung der Innenstädte durch innovative Konzepte verringern

Durch das prognostizierte weitere Wachstum des Waren- und Güterverkehrs sind innovative, dezentrale und zeitversetzte Zustellungskonzepte gefragt, um Zielkonflikte aufzulösen und Emissionen zu verringern. Hierfür müssen teilweise Neuaufteilungen im öffentlichen Straßenraum ermöglicht werden, um innovative Zustellkonzepte im Waren- und Güterverkehr zu fördern und die Verkehrsbelastung der Innenstädte zu verringern.

## Handlungsempfehlungen

- **Neue Konzepte und Zeitschienen nutzen, um Verkehrsaufkommen und -spitzen zu entzerren:** Nachtbelieferungen können dazu beitragen, das Verkehrsaufkommen und Belieferungsspitzen zu entzerren. Dazu sind Ausnahmen von den länderseitigen Immissionsschutzgesetzen erforderlich, die mit Auflagen an Fahrzeuge und Anlagen verbunden werden können. Zur Einhaltung des Lärmschutzes für Nachtbelieferungen sensibler urbaner Bereiche ist die Definition von bundesweiten technischen Standards als eine relevante Lösungsoption zu forcieren. Weiterhin kann die Förderung von geräuscharmen Lkw durch Sondergenehmigungen für die Belieferung in Ruhezeiten in Verbindung mit der Entwicklung ortsspezifischer Nachtlieferkonzepte unterstützend wirken. Die Berücksichtigung von baulichen Lärmschutzmaßnahmen bei der Modernisierung oder Neuerrichtung von Einzelhandelsgeschäften sollte ein zentrales Planungselement sein.
- **Für nachhaltige Mobilitätsansätze auch Neuaufteilungen im öffentlichen Raum ermöglichen:** Für innovative, nachhaltige und schadstoffarme Lösungen im Waren- und Güterverkehr sind im öffentlichen Straßenraum zum Teil Neuaufteilungen vorzunehmen. Beispielsweise stellen sich für Lieferzonen sowie Konzepte wie Mikrodepots oder Paketstationen bei Errichtung auf öffentlichem Straßenland Fragen der straßenrechtlichen Sondernutzung. Darüber hinaus sind Fragen im Zusammenhang mit dem Themenfeld Stadt – Umland zu beachten. Daher sollten auch Pendlerverkehre berücksichtigt und beispielsweise Umstiegspunkte bei einer Neuaufteilung im öffentlichen Straßenraum geplant werden. Je nach Landesstraßenrecht und Verwaltungspraxis müssen unter Umständen lediglich Vorgaben zur Zulässigkeit solcher Konzepte innerhalb der Verwaltung erlassen werden. Es können aber auch ausschreibungs- und vergaberechtliche Vorschriften bei der Vergabe von Konzessionen für bestimmte Liefergebiete relevant sein.
- **Digitalisierung zur Verkehrssteuerung und Stärkung emissionsarmer Mobilität nutzen:** Digitalisierung sollte genutzt werden, um den Verkehr intelligent zu steuern und Verkehrsemissionen zu senken. Digitale Werkzeuge können beispielsweise den Verkehr bei der Parkplatzsuche reduzieren sowie intermodal zurückgelegte Wege und den Lieferverkehr optimieren.

# dena-Themenseite zur urbanen Energiewende

Zentrale Website zu Projekt, Partnern und Ergebnissen.
**www.dena.de/urbew**

## Weitere Inhalte aus dem dena-Projekt Urbane Energiewende

### Digitale Landkarte der urbanen Energiewende

Interaktive Karte zu den Praxisbeispielen der urbanen Energiewende.

**www.dena.de/urbewo2**

### Überblick Praxisbeispiele

Kurzübersicht der untersuchten Praxisbeispiele für den Abschlussbericht.

**www.dena.de/urbewo10**

### Praxisbeispiele im Detail

Weiterführende Informationen zu den ausgewählten Praxisbeispielen des Abschlussberichts.

**www.dena.de/urbewi11**

### 10 Prinzipien der urbanen Energiewende

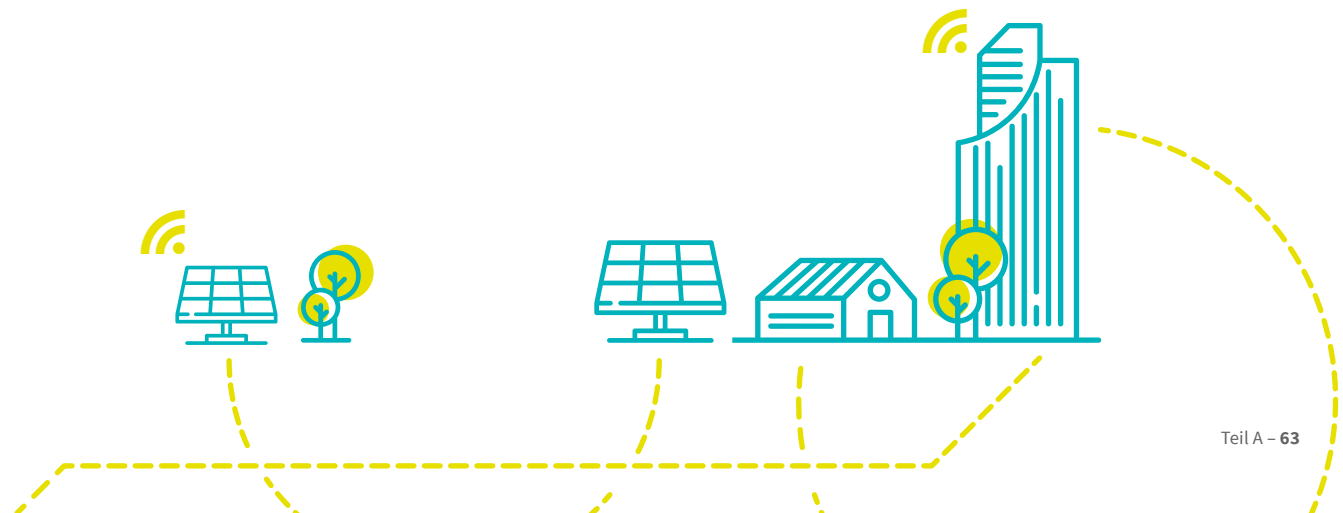
Die zehn zentralen Prinzipien zur Gestaltung der urbanen Energiewende.

**www.dena.de/urbewi8**

### Bewertungsschema

Bewertungsschema für Handlungskonzepte und Praxisprojekte.

**www.dena.de/urbewi9**



# B

# 64-168

# Teil B – Katalog der Handlungsoptionen und Praxiserfahrungen

**B 1 Einleitung und Methodik ..... 4**

1.1 Einleitung und Begrifflichkeiten ..... 4
1.1.1 Gesamtsystem, urbaner Raum, Quartier und Gebäude ..... 4
1.1.2 Kategorisierungen typischer urbaner Ausgangsituationen ..... 7

1.2 Herleitung der Ansätze und Konzepte ..... 9
1.2.1 Schritt 1: Themensammlung, -analyse und -strukturierung ..... 9
1.2.2 Schritt 2: Identifizierung von neuralgischen Handlungssträngen ..... 9
1.2.3 Schritt 3: Identifizierung und Zuordnung von Ansätzen und Konzepten ..... 11
1.2.4 Übersicht der Ansätze und Konzepte ..... 12

1.3 Auswertung hinsichtlich der Zieldimensionen ..... 14

1.4 Auswertung beispielhafter Praxisprojekte ..... 15

**B 2 Energiesystem und Strom ..... 20**

2.1 Ansatz: Stromversorgung aus erneuerbaren Energien ..... 20
2.1.1 Konzept: Strom aus erneuerbaren Energien im urbanen Raum ..... 20
2.1.2 Konzept: Import erneuerbarer Energien aus dem Umland ..... 24

2.2 Ansatz: Integrierte Konzepte ..... 26
2.2.1 Konzept: Integrierte Versorgung (Strom/Wärme/Mobilität) in Einzelgebäuden ..... 28
2.2.2 Konzept: Integrierte Versorgung (Strom/Wärme/Mobilität) für Quartiere ..... 30

2.3 Ansatz: Flexibilitätsmärkte ..... 33
2.3.1 Konzept: Virtuelle Kraftwerke (Anlagenpooling) ..... 34
2.3.2 Konzept: Demand Side Management ..... 36

2.4 Ansatz: Flexibilitäts- und Infrastrukturkopplungs-Technologien ..... 38
2.4.1 Konzept: Intelligente Nutzung von KWK ..... 39
2.4.2 Konzept: Nutzung von EE-Strom aus dem Umland – Nutzen statt Abregeln ..... 41
2.4.3 Konzept: Batteriespeicher als Kurzzeitspeicher ..... 43
2.4.4 Konzept: Power to Gas als Langzeitspeicher ..... 45
2.4.5 Konzept: Umwandlungstechnologien ..... 47

**B 3 Wärmeversorgung ..... 49**

3.1 Ansatz: Wärme aus erneuerbaren Energien ..... 49
3.1.1 Konzept: Einbindung von Großwärmepumpen in Wärmenetze ..... 53
3.1.2 Konzept: Einbindung von Tiefengeothermie in Wärmenetzen ..... 55
3.1.3 Konzept: Einbindung von Solarthermie in Wärmenetzen ..... 58
3.1.4 Konzept: Energetische Nutzung von Biomasse zur Wärmeversorgung ..... 61
3.1.5 Konzept: Gebäudeintegrierte Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen ..... 63

3.2 Ansatz: Wärme aus Abwärme ..... 65
3.2.1 Konzept: Einbindung von Abwärme in Wärmenetzen ..... 67
3.2.2 Konzept: Einbindung von Abwasserwärme in Wärmenetzen ..... 70

**B 4 Mobilität ..... 73**

4.1 Ansatz: Stärkung und Optimierung des ÖPNV ..... 73
4.1.1 Konzept: Intermodalität ..... 75
4.1.2 Konzept: Mobilitätszentralen / Mobilitätsstationen ..... 77
4.1.3 Konzept: Fahrten bündeln – Ride-Sharing und Ride-Pooling ..... 80
4.1.4 Konzept: Stationsgebundenes Car- und Bikesharing ..... 82
4.1.5 Konzept: Stationsunabhängiges Car-, Scooter- und Bikesharing ..... 84

4.2 Ansatz: Ladeinfrastruktur und Ladekonzepte für Elektrofahrzeuge ..... 85
4.2.1 Konzept: Öffentliche Ladeinfrastruktur ..... 87
4.2.2 Konzept: Halböffentliche Ladeinfrastruktur ..... 89
4.2.3 Konzept: Private Ladeinfrastruktur ..... 91

4.3 Ansatz: Innovative Konzepte für Waren- und Güterverkehre ..... 92
4.3.1 Konzept: Paketstation (öffentlich + privat) ..... 95
4.3.2 Konzept: Mikro-Depot / City-Hub ..... 96
4.3.3 Konzept: Nachtbelieferung des Einzelhandels ..... 98
4.3.4 Konzept: Liefer-Lkw (Elektro, $H_2$, LNG) ..... 100
4.3.5 Konzept: Elektro-Lastenrad ..... 102
4.3.6 Konzept: Einbeziehung ÖPNV (Cargo-Tram) ..... 103

# B 1 Einleitung und Methodik

## 1.1 Einleitung und Begrifflichkeiten

Der hier beginnende Berichtsteil B „Katalog der Handlungsoptionen und Praxiserfahrungen“ hat zum Ziel, die vielfältigen Versorgungsansätze und Konzepte zu strukturieren. Durch knappe Beschreibungen und Bewertungen werden die Ansätze und Konzepte greifbar und die Komplexität der urbanen Energiewende reduziert. Des Weiteren sollen Praxiserfahrungen aufgezeigt werden – sowohl positive, zur Nachahmung empfohlene Erfahrungen als auch Hemmnisse, aus denen sich für weitere Projekte wichtige Erkenntnisse ableiten lassen. Die in diesem Berichtsteil dargestellten Erkenntnisse sind auch Grundlage für die im vorherigen Teil A „Übergeordnete Erkenntnisse und Empfehlungen“ beschriebenen Handlungsempfehlungen bezüglich notwendiger Anpassungen am regulatorischen Rahmen.

Zunächst werden **grundlegende Begrifflichkeiten** beschrieben und die im Rahmen des Projekts verwendete Methodik zur **Herleitung von Ansätzen und Konzepten** für ein effizientes und nachhaltiges Energie- und Verkehrssystem dargestellt. Außerdem werden die im Berichtsteil beschriebenen **Zieldimensionen der urbanen Energiewende** zur Bewertung der Konzepte angewendet und daraus abgeleitet übergreifende Erkenntnisse beschrieben.

In den folgenden Kapiteln werden die Ansätze und Konzepte steckbriefartig beschrieben. Hierbei werden neben der grundsätzlichen Einbindung in das Energie- oder Verkehrssystem und der spezifischen Anwendung im urbanen Raum auch relevante Akteure, konzeptspezifische Umsetzungshemmnisse und Lösungsmöglichkeiten sowie jeweils ein Praxisprojekt als Beispiel beschrieben. Die Erarbeitung der Ansätze und Konzepte erfolgte in Zusammenarbeit durch das dena-Projektteam und die Gutachter in Abstimmung mit den Projektpartnern.

Im Rahmen des dena-Projekts Urbane Energiewende wurde sowohl auf bereits existierende Kategorisierungen zurückgegriffen (beispielsweise bei der Darstellung typischer urbaner Siedlungsstrukturen), als auch eigene Systematisierungen vorgenommen (beispielsweise zur Systematisierung von Gesamtsystem, urbaner Raum, Quartier und Gebäude). In den folgenden Unterkapiteln sind die projektbezogene Begrifflichkeiten detailliert beschrieben.

### 1.1.1 Gesamtsystem, urbaner Raum, Quartier und Gebäude

Zur Entwicklung der Konzepte für den urbanen Raum wurde eine Systematisierung entwickelt, welche das Energiesystem mit den Infrastrukturen für Strom, Wärme/Kälte, Gas und Sonstiges (für andere Energieträger, aber auch für Abwasser) in vier Ebenen teilt: Gesamtsystem, urbaner Raum, Quartier und Gebäude.

Die Ebene **Gesamtsystem** umfasst neben dem urbanen Raum auch das Energiesystem außerhalb der Stadt. Neben den Strom- und Gasnetzinfrastrukturen auf Übertragungs- bzw. Transportnetzebene beinhaltet diese auch Großkraftwerke zur Stromerzeugung. Des Weiteren sind auch Onshore- und Offshore-Windkraftanlagen sowie Power to X Anlagen (Power to Gas, Power to Liquid) überwiegend auf dieser Systemebene verortet.

Das **Energiesystem im urbanen Raum** ist von einer Vielzahl von Technologien zur Erzeugung, Umwandlung und Speicherung gekennzeichnet – bis auf wenige Ausnahmen werden sämtliche verfügbaren Technologien auch innerhalb von Städten eingesetzt. Im Vergleich zum Gesamtsystem kommen jedoch typischerweise Anlagen geringerer Leistungsklasse mit geringerem Flächenbedarf zum Einsatz. Dazu können ebenfalls Anlagen zur direkten Wandlung von Strom in stoffliche Energieträger oder Wärme (Power to Gas, Power to Heat) zum

Einsatz kommen. Aufgrund der Nähe von Erzeugung und Verbrauch wird bei urbanen Kraftwerken häufig die bei der Stromerzeugung entstehende Wärme als Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) genutzt. In Ballungsräumen sind daher häufig auch (Fern-)Wärmenetze wichtiger Teil der Energieinfrastruktur.

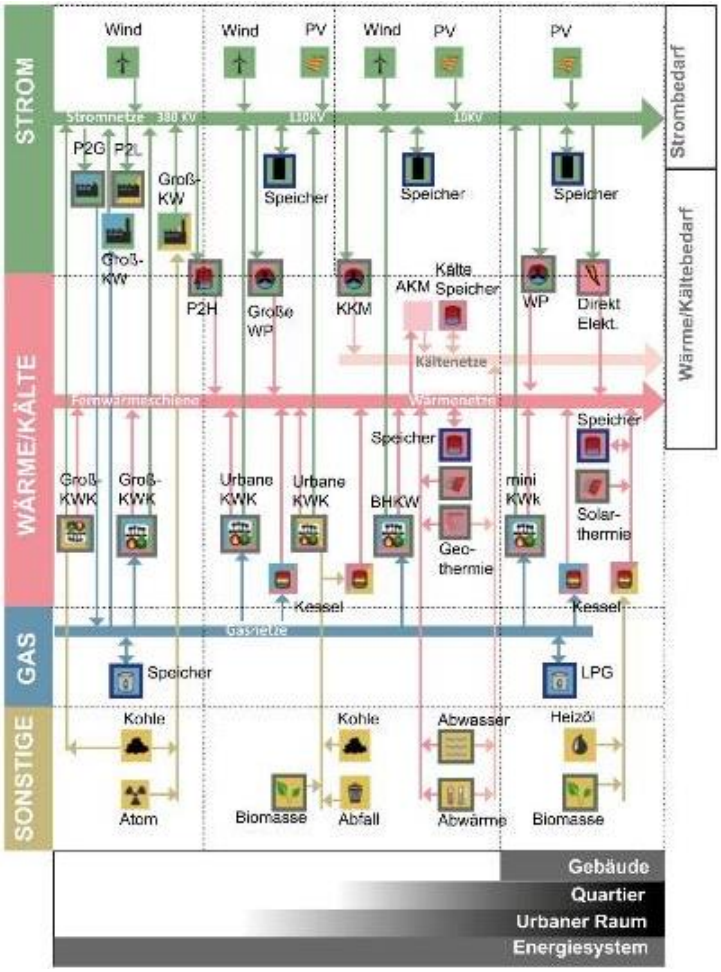



Abbildung 9: Matrix Integrierte Sektor und Infrastrukturkopplung Wärme/Kälte
Quelle: Eigene Darstellung Deutsche Energie-Agentur und BBHC

Unter einem **Quartier** versteht man ein räumlich zusammenhängendes Gebiet unterhalb der Stadtgröße aus einem oder mehreren privaten und/oder öffentlichen Gebäuden oder Grundstücken einschließlich öffentlicher Infrastruktur, typischerweise unabhängig von kommunalen Verwaltungsstrukturen. Oft zeichnet sich ein Quartier durch eine auch von den Bewohnerinnen und Bewohnern wahrgenommene Gemeinsamkeit aus. Dies kann eine historische, soziokulturelle oder architektonische Einheit (Ensemble) sein, durch die der Eindruck von Zusammengehörigkeit und Geschlossenheit entsteht (beispielsweise die Siemensstadt in Berlin oder die Siedlung Margarethenhöhe in Essen). Die Gebäudenutzung im Quartier variiert zwischen Wohnen, gewerblicher Nutzung und öffentlichen Einrichtungen.

Projekte der urbanen Energiewende finden häufig auf Ebene von Quartieren statt, bei denen eine oder mehrere Versorgungseinrichtungen bzw. Infrastrukturen gemeinsam zu **quartiersbezogenen Versorgungskonzepten** (weiter-)entwickelt und ganzheitlich optimiert genutzt werden. Eine quartiersbezogene Versorgung kann für eine oder mehrere Energiearten erfolgen und sich über die Grenzen einer Erzeugungsanlage hinaus erstrecken. Grundsätzlich können die meisten Technologien zur Energieerzeugung, -speicherung, -umwandlung oder -nutzung auch im Quartier zur Anwendung kommen. Hierzu gehören beispielsweise dezentrale Stromerzeugung (Arealversorgung) oder quartiersbezogene Wärme- bzw. Kälteversorgung, bei denen die Verteilung innerhalb des Quartiers über Wärme-/Kältenetze erfolgt (auch über Anbindungen von einem Gebäudeeigentümer zum anderen). Dabei existieren sowohl Konzepte, bei denen die Energie innerhalb des Quartiers erzeugt und verteilt wird oder außerhalb des Quartiers bereitgestellt und als Fernwärme oder Fernkälte in das Quartier geliefert und dort verteilt wird. Im Quartier können auch Nutzungsformen wie Power to Heat und Power to Gas ebenso wie die Verwendung von Bioenergie vorliegen, auch wenn hierbei die jeweilige Energieerzeugung außerhalb des Quartiers erfolgt.

Die **gebäudebezogenen Energieversorgungskonzepte** beinhalten hingegen gebäudeintegrierte Erzeugungstechnologien für Wärme und Strom. Diese können in leitungsgebundene (Wärmepumpen, Gasgeräte, Solarthermie, Hybridanlagen, Blockheizkraftwerke, Mini-KWK) und in nicht leitungsgebundene (Biomasse, Heizöl) Technologien unterteilt werden. Gebäudebezogene Konzepte können Strom- und Wärmespeicher beinhalten.

Erneuerbare Energien können in Form von Photovoltaik, Solarthermie und Umweltwärme (Luft, Wasser, Erde) genutzt werden. Die technischen Anlagen befinden sich innerhalb der Grundstückgrenzen der Gebäude.

**Zwei beispielhafte Szenarien mit unterschiedlichen Energiepotenzialen**

Die nachfolgenden Beispiele verdeutlichen die Systematisierung der unterschiedlichen Raumebenen in einem integrierten Energiesystem. Sie unterscheiden sich bezüglich der Verfügbarkeit klimafreundlicher Energien, was zu unterschiedlich koordinierten Betriebsweisen der Wärme- und Stromerzeugungsanlagen führt. Für ein zukünftig klimaneutrales urbanes Energiesystem sollen größtmögliche Anteile $CO_2$-freier Energieträger für Strom- und Wärmeerzeugung genutzt und fossil-basierte bzw. THG-intensivere Optionen ersetzt werden.

Szenario 1: Hoher EE-Anteil im Stromsystem

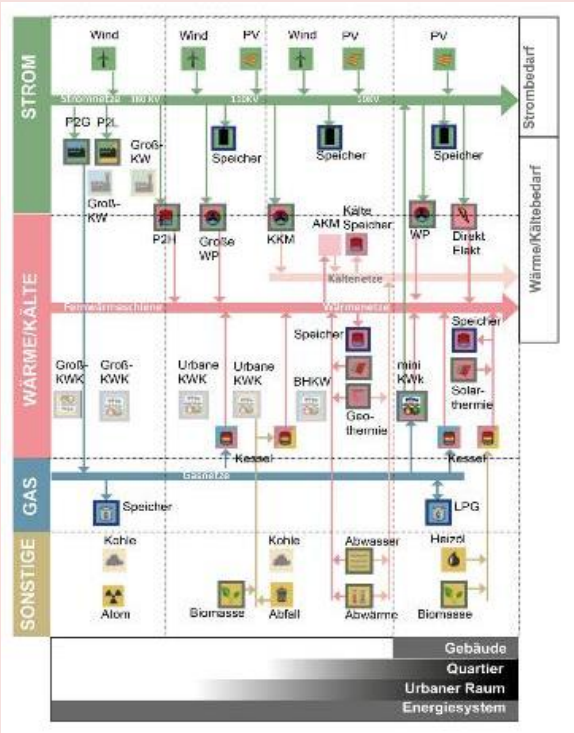



Abbildung 10: Szenario 1: Hoher EE-Anteil im Stromsystem

Hier ist das System geprägt von großen Strommengen aus PV und Wind, die den aktuellen Strombedarf übersteigen. Bei hohen Anteilen von EE-Strom wird der Einsatz von Brennstoff-befeuerten Kraftwerken reduziert. Sollte das Energiedargebot weiterhin den Bedarf überschreiten, werden im integrierten Energiesystem Batteriespeicher geladen sowie zunehmend PtX-Anlagen zur Umwandlung von Strom in stoffliche Energieträger eingesetzt. Gleichzeitig wird beispielsweise mithilfe von Power-to-Heat-Anlagen das Flexibilitätspotenzial von Wärmenetzen genutzt. Im heutigen Stromsystem bestehen solche Situationen regelmäßig beispielsweise im Übertragungsnetzbereich von 50Hertz. Zukünftig werden solche Situationen zunehmen.

Szenario 2: Niedriger EE-Anteil im Stromsystem

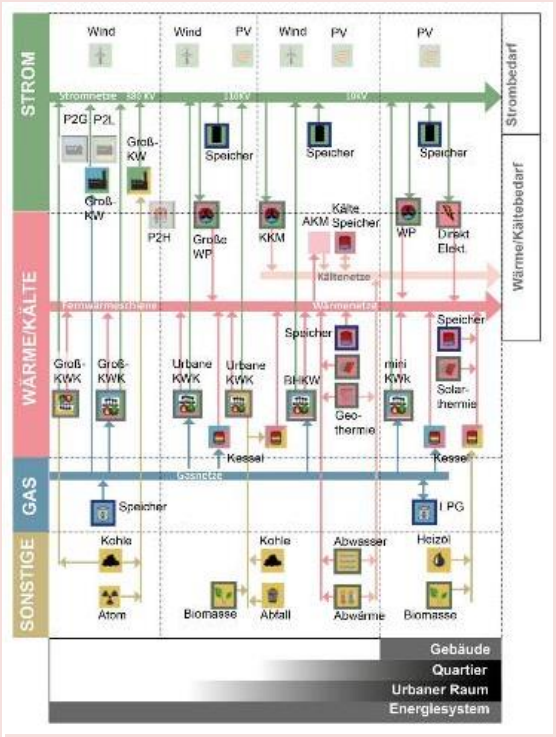



Abbildung 11: Szenario 2: Niedriger EE-Anteil im Stromsystem

Hier ist im Stromsystem ein aktuell geringer Anteil an erneuerbaren Energien verfügbar. In solchen Situationen werden im integrierten urbanen Energiesystem zunehmend **Flexibilitätstechnologien** eingesetzt: Stationäre Batteriespeicher und Batteriespeicher von Elektrofahrzeugen speisen elektrische Energie ein, gleichzeitig wird das Flexibilitätspotenzial von Wärmenetzen in Verbindung mit Wärmespeichern genutzt. In diesen Zeiten kommen insbesondere mit klimaneutralen Brennstoffen betriebene KWK-Anlagen zum Einsatz.

### 1.1.2 Kategorisierungen typischer urbaner Ausgangsituationen

**Kategorisierung anhand von Siedlungs- und Stadtformen**

Um typische urbane Ausgangsituationen zu beschreiben, werden im Rahmen dieses Projekts sieben Siedlungstypen (ST) nach einem Schema der TU Darmstadt[1] genutzt (ST1 bis ST7, siehe Abbildung 12: Siedlungstypen im urbanen Raum). Die Unterteilung ist primär charakterisiert durch bauliche Dichte, Wärmedichte und den vorherrschenden energetischen Zustand der Gebäude. Da Gewerbe-/Industriegebiete sich aufgrund ihrer Diversität nicht wie die anderen Siedlungstypen zusammenfassen lassen, müssen diese im Einzelfall gesondert betrachtet werden. Eine detaillierte Zuordnung von Siedlungstypen zu Konzepten der urbanen Energiewende erfolgte im Rahmen dieses Projekts insbesondere bei Wärmeversorgungsansätzen.

Die Städte und Ballungsräume in Deutschland sind historisch gewachsen. In vielen Stadtzentren befindet sich ein historischer Stadtkern mit alten (Fachwerk-)Häusern (ST6). Mit zunehmender Industrialisierung kam es im Zentrum häufig zu einer Verdichtung und Ansiedelung von Gewerbe und Handwerk. Es entstanden hochverdichtete innenstadtnahe Viertel in Blockrandbebauung (ST5). Viele Städte sind auch heute noch durch große Mehrfamilienhäuser (GMH) geprägt, welche aufgrund des Alters der Bausubstanz und Denkmalschutzauflagen eine besondere Herausforderung bei der Sanierung darstellen. Gleichzeitig mit der zunehmenden Verdichtung der Innenstädte entstanden am Stadtrand häufig Villenviertel sowie Ein- und Mehrfamilienhaussiedlungen (EFH, MFH) (ST1, ST2). Unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg bot der Bau von mehrgeschossigen Zeilenbauten am Stadtrand die Möglichkeit, schnell bezahlbaren Wohnraum zu schaffen (ST3). Durch die Aufwertung der Innenstädte (ST7) und die Steigerung der Lebensqualität ab Mitte des vergangenen Jahrhunderts kam es zunehmend zu einer Verdrängung sozial schwächerer Bevölkerungsgruppen an den Stadtrand. In den 1950er- bis 1970er-Jahren entstanden viele neue Großsiedlungen mit Wohnblocks und Hochhäusern (HH) – heute häufig insbesondere von Menschen aus eher niedrigen sozioökonomischen Schichten bewohnt (ST4).[2,3,4]

**Kategorisierung anhand der zeitlichen Entstehungsgeschichte**

Gleichzeitig können urbane Strukturen auch bezüglich ihrer zeitlichen Entstehungsgeschichte und der hierdurch entstehenden Auswirkungen auf räumliche Strukturen kategorisiert werden. Insbesondere im Handlungsfeld Verkehr ist diese zeitliche Kategorisierung von besonderer Bedeutung, da Transportaufgaben stets durch die kombinierte Nutzung von Verkehrsmitteln und Infrastrukturen erfüllt werden und daher die verkehrlichen Wirkungszusammenhänge häufig durch unterschiedliches Mobilitätsverhalten im Kontext verschiedener räumlicher Strukturen analysiert werden müssen.

Die **„gebaute Stadt“** ist charakterisiert durch hohe Nutzungsdichte und meist auch intensive Nutzungsmischung. Verkehrliche Infrastrukturerweiterungen auf öffentlichem, für den Verkehr gewidmeten Straßenland (zum Beispiel Ladeinfrastruktur (LIS) für Elektrofahrzeuge, Sharing-Stationen /„Mobility Hubs“, Ladezonen für den Gütertransport und Mikrologistik-Infrastruktur) stehen hier in Konkurrenz zu etablierten Nutzungen. Privates Eigentum und Nutzungsgestattungen an Flächen sind in gewachsenen Strukturen häufig nur unter Konflikten zu ändern. Ohne solche Veränderungen bleibt der kommunale Gestaltungsspielraum jedoch gering.

Die **„weitergebaute Stadt“** ist durch Nachverdichtung charakterisiert, welche beispielsweise durch Aufstockung bestehender Gebäude, Lückenschließungen und Bebauung von Innenhöfen erfolgt. Deren Nutzungsdichte und Nutzungsmischung liegt teilweise noch unterhalb der „gebauten Stadt“. Kommunale und private

[1] Technische Universität Darmstadt, 2012.
[2] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2008.
[3] Bundeszentrale für Politische Bildung/Häussermann, H., 2012.
[4] Bundeszentrale für politische Bildung/Keller, C., 2015.

Investoren nutzen diese Wohnungsbaupotenziale als Reaktion auf den Einwohnerzuwachs und infolge günstiger Renditeerwartungen. Die verkehrliche Infrastruktur ist für den Nachfragezuwachs teilweise nicht ausreichend. Bei der Nachverdichtung können neuere verkehrliche Nutzungsansprüche planerisch berücksichtigt werden, Konflikte werden dabei jedoch teilweise in die Nutzungsphase bzw. den Vollzug verlagert.

Als **„Stadterweiterung“** werden nachfolgend insbesondere Wohnungsbaugebiete bezeichnet, die auf bisher unbebauten Flächen innerhalb und am Rande von Stadtgebieten entstehen; Industrie- und Gewerbeflächen entstehen in der Regel in Randlagen. In diesen Baugebieten haben Kommunen große Gestaltungsmöglichkeiten hinsichtlich der infrastrukturellen und verkehrlichen Angebote und damit hinsichtlich der klimaseitigen Auswirkungen. Andererseits ist mit der Erweiterung der Stadt (Außenentwicklung) zusätzlicher Flächenverbrauch verbunden. Hier ergeben sich potenziell negative Effekte durch die Versiegelung bisher unbebauter Flächen sowie die Verlängerung von Wegen. [5]

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ST0** | **Gewerbe- / Industriegebiete** | Sehr hohe Heterogenität bei Gebäudetypen und räumlicher Verteilung. Dieser Siedlungstyp wurde im Rahmen dieses Projekts nicht als eigenständiger Siedlungstyp dargestellt, wird aber immer wieder genannt | | WEITER GEBAUTE STADT | STADTERWEITERUNG |
| **ST1** | **Ein- und Mehrfamilienhaussiedlung** | Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser, geringe Dichte, offene Baustruktur, am Stadtrand oder Vorort, gemischte Baualtersklassen | | | |
| **ST2** | **Reihenhaussiedlung** | Vorwiegend 2-3 geschossige Einfamilienhäuser in Form von Reihenhäusern, dichtere Bebauungsstruktur als ST1, am Stadtrand oder Vorort, Baualtersklassen vor allem 50er-60er-Jahre und 80er-Jahre | | | |
| **ST3** | **Zeilenbebauung** | Vorwiegend 4-6 geschossige Mehrfamilienhäuser, mit großzügigen Freiflächen, mittlere Dichte; am Stadtrand häufig in Ost-West-Richtung, vor allem in den 50er-Jahren gebaut | | | |
| **ST4** | **Wohnblocks / Hochhäuser** | Vorwiegend 7-16 geschossige Mehrfamilienhäuser, Zeilenbauten und Hochhäuser, weitläufige Bebauungsstruktur, großzügige Freiflächen, Stadtrand, in den 50er-70er-Jahren gebaut, häufig als sozialer Wohnungsbau | | GEBAUTE STADT | |
| **ST5** | **Blockrandbebauung** | Vorwiegend 3-5 geschossige, gekuppelte Mehrfamilienhäuser, geschlossene Bebauungspläne zur Straßenseite, im Stadtzentrum, Baualtersklassen: vor 1918 (gründerzeitliche Bauten) und 20er-Jahre, anschließend Nachverdichtung | INNENSTADT | | |
| **ST6** | **Historische Altstadt** | Vorwiegend 2,5-6 geschossige Ein- und Mehrfamilienhäuser, stark verdichtet, nahezu keine Freiflächen, Stadtzentrum, vor 1918 erbaut | | | |
| **ST7** | **Innenstadt** | Vorwiegend 4-6 geschossige Mehrfamilienhäuser, geschlossene Bebauungspläne, Blockraster, viel in den 70er-Jahren erbaut, anschließend Nachverdichtung und Überbauung älterer Gebäude, ca. 30 Prozent gewerbliche Nutzung (Einzelhandel) | | | |

Abbildung 12: Siedlungstypen im urbanen Raum

[5] Zu Trends und teilweise inhärenten Widersprüchen im Städtebau bei Fragen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung vgl. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2019.

# 1.2 Herleitung der Ansätze und Konzepte

Die Herleitung der Ansätze und Konzepte für ein effizientes und nachhaltiges urbanes Gesamtsystem erfolgte in drei Schritten zunächst im gesamten Kreis der Projektpartner, anschließend wurden hieraus die drei Projektmodule „Energiesystem und Strom“, „Wärme“ und „Mobilität“ gebildet.

## 1.2.1 Schritt 1: Themensammlung, -analyse und -strukturierung

In einem ersten Schritt erfolgte durch Expertenbefragung eine unstrukturierte Sammlung aktueller oder aufkommender **Themenfelder der urbanen Energiewende**, verbunden mit der Frage, welche Herausforderungen sich hierdurch ergeben würde. Dabei wurden technischen Themen sowie weitere Aspekte genannt, beispielsweise Prozesse, Akteure, Rahmenbedingungen und Geschäftsmodelle.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Integrierte Infrastruktur-entwicklung | Akteurs-management | Urbanes Energie-management | Wärme- und Mobilitäts-strategie | Entkopplung Emissions-entwicklung | Güterverkehr und Warenlogistik | Daseins-vorsorge (Mobilität, Daten) | Gebäude-zustand | Urbane Wärme-strategie | Wärme-leitplanung | Stadtplanung |
| Urbane Infrastruktur | Energie-leitplanung | Gasnetz | Individuelle Energie-versorgung | Alternative Kraftstoffe | Express-, Kurier-, Paketdienste | Wärme-pumpe | Smart Home | Rolle der Kommune | Nieder-temperatur | Hoch-temperatur (Industrie) |
| Infrastruktur Umland | Infrastruktur-kopplung | Investitions-anreize & Geschäfts-modelle | Wärme-/ Kältenetz | Nicht Boden Verkehre (Luft, unterirdisch) | Nachhaltige Kosten (TCO/TLCC) | Wärmekunde | Smart Meter | Klärschlamm | Abwasser-wärme | Steigender Kältebedarf |
| Siedlungs-struktur | Individuelle Energie-versorgung | Zentrale/ Dezentral | Versorgungs-sicherheit | Pendler-ströme/ Durchgangs-verkehre | Elektro-mobilität | Bepreisung Wärme Non ETS | Energie-umwandlung | Daten Erfassung & Nutzung | FW-Schiene (Ballungs-zentren/ Industrie-potenziale) | Messkonzepte & Abrechnungs-modelle |
| Luft-reinhaltungs-pläne | Verkehrs-leitplanung | Stadt der kurzen Wege | Kooperation (Fahrzeuge, Infrastruktur, Wertschöpfungskette) | Flächen-konkurrenz | Autonomes Fahren | Blockchain | Thermische Entsorgung | Flexibilisierung & Speicherung | Markt-prozesse | Nutzung lokaler Potenziale |
| Individuelle Mobilität | Mobilitäts-dienst-leistungen | Multimodalität | Entwicklung ÖPNV | Nutzungs-konkurrenzen | Zukunft des Analgenparks (Kraftwerke) | Vermehrte Nutzung von EE in Städten | Power to Heat | Wasserstoff/PtX Umwandlung | Mobilitäts-stationen | Infrastruktur-kopplung |
| Fahrzeug-sharing | Strom-roaming | Rolle der Gebäude | Mobilitäts-bedürfnisse | Digitale Infrastruktur | Nutzung Abwärme | Energie-effizienz | Geothermie | Daten-verarbeitung in Echtzeit | Local Energie Communities | EE-Brennstoffe Müllwärme |
| Stromnetz | Ladezugang und Abrechnung | Smart Charging | Flotten-verkehre | Vernetzung | Neue Anwendungen (Speicher etc.) | Standards & Interoperabilität | Sektor-kopplungs-technologien | Aus-/Umbau Wärmenetze | Akteurs-netzwerke | W-Speicher & P2DH |

Abbildung 13: Themenfelder als Ausgangsbasis der Projektbearbeitung

## 1.2.2 Schritt 2: Identifizierung von neuralgischen Handlungssträngen

In der weiteren Bearbeitung wurden diese Themenfelder miteinander in Beziehung gesetzt und aufgrund folgender Leitfragen in einer modulspezifischen **Schnittstellenanalyse** untersucht. In diesem Bearbeitungsschritt wurden aus den verschiedenen Themenfeldern der drei Module diejenigen Felder herausgefiltert, welche besondere Relevanz zur Erreichung der übergeordneten Ziele der urbanen Energiewende oder/und für die tägliche Geschäftspraxis haben.

Zur Identifizierung möglicher Themencluster wurden insbesondere die folgenden drei Leitfragen gestellt:

- Wo gibt es mehrere große Abhängigkeiten bzw. hohe Wechselwirkungen?
- Wo gibt es eine hohe Dynamik bzw. Veränderungen der Beziehungen innerhalb der Themenfelder?
- Wo entstehen große Auswirkungen auf Kosten bzw. Investitionsbedarf oder Wertbeitrag?

Aufbauend auf den drei **modulspezifischen Themenclustern** wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Partnerkreis im Rahmen modulspezifischer Workshops die zu bearbeitenden Themenschwerpunkte entwickelt und die drei Projektmodule gebildet:

### Projektmodul 1: Energiesystem und Strom

Der Ausbau der erneuerbaren Energien und die damit einhergehende notwendige Integration vieler volatiler Erzeugungsanlagen mit kleiner Leistung in den unteren Spannungsebenen bei gleichzeitigen Rückgang steuerbarer Erzeugungsanlagen in höheren Spannungsebenen bringt auch für das urbane Energiesystem Herausforderungen mit sich. Durch die Abkehr von der Nachfrage-gesteuerten Bereitstellung elektrischer Energie zu einem Dargebot-gesteuerten Energiesystem ist eine Flexibilisierung des Energiesystems notwendig. Die Nutzung von Flexibilitätsoptionen bedarf dabei grundsätzlich einer zunehmend dynamischen (intelligenten) Steuerung von Anlagen und Lasten. Aufgrund der veränderten Erzeugungs- und Verbraucherstruktur kann auf allen Spannungsebenen teilweise auch Netzausbau notwendig sein.

Im Modul Energiesystem und Strom wurden darauf aufbauend die folgenden Handlungsfelder formuliert:

- Integrierte **Infrastrukturentwicklung**
- **Stadt-/Umland**-Beziehungen

### Projektmodul 2: Wärme

Infrastrukturen sollten zukünftig nicht mehr einzeln in „Silos“, sondern vernetzt gedacht und genutzt werden. Dies hat Einfluss auf die urbanen Verteilnetze zur Bereitstellung von Wärme (Strom, Wärme, Gas). Hierbei führen neue, vernetzte Wärmestrategien zu einem Transformationsprozess. Um die Emissionsreduktionsziele zu erreichen, müssen lokale Wärmepotenziale in urbane Wärmeversorgungsstrategien integriert werden. Auf lokaler Ebene muss ein optimiertes Zusammenspiel von Versorger- und Anwenderseite erreicht werden, um eine zukunftsweisende innovative Nutzung von Abwärme, klimaneutraler Wärme und erneuerbaren Energien zu ermöglichen.

Im Modul Wärme wurden bzgl. der Umsetzung von Versorgungsansätzen zwei Handlungsfelder formuliert:

- Nutzung **erneuerbarer** Energien und lokaler Wärmepotenziale
- integrierte Infrastruktur- und **Sektorenkopplung**

### Projektmodul 3: Mobilität

Zusammen mit einer am Ziel der Siedlungsentwicklung entlang der Achsen des schienengebundenen Verkehrs orientierten Regionalplanung werden die Voraussetzungen geschaffen, um größere Anteile der Verkehrsnachfrage auf effizientere und stadtverträgliche Verkehrsmittel zu verlagern und den Anteil sowie die Verkehrsleistung des Kfz-Verkehrs zu senken. Der emissionsfreie nichtmotorisierte Fuß- und Radverkehr sowie die hocheffizienten öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) – mit ihren im Vergleich zum motorisierten Individualverkehr (MIV) deutlich geringeren Treibhausgasemissionen pro Personenkilometer – stellen wichtige Elemente urbaner Klimaschutzstrategien und -konzepte dar. [6]

Auf konzeptioneller Ebene sowie hinsichtlich der Maßnahmen stehen den Kommunen zahlreiche Gestaltungsoptionen zur Verfügung – auch, um dem Wirtschaftsverkehr, dem nichtmotorisierten Verkehr sowie dem ÖPNV Vorrang einzuräumen.

[6] Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, 2019b, S. 36.

Ausgehend davon wurden im Modul Mobilität die folgenden drei Handlungsfelder abgeleitet:

- Förderung bzw. Ausgestaltung von **multimodalen Verkehrsangeboten** zur Effizienzverbesserung des Verkehrssystems und zugleich zur Komfortsteigerung im Personenverkehr.
- Förderung von **Elektromobilität** und klimaschonender Energieträger zur signifikanten Senkung der $CO_2$-Emissionen im urbanen Raum.
- Förderung von **verkehrsentzerrenden und -bündelnden Maßnahmen**, um das Verkehrsaufkommen und somit $CO_2$-Emissionen, Luftschadstoffe und Lärm zu reduzieren sowie die Verkehrssicherheit und Lebensqualität in den Städten zu erhöhen.

### 1.2.3 Schritt 3: Identifizierung und Zuordnung von Ansätzen und Konzepten

Im Ergebnis wurden im Modul Energiesystem/Strom Ansätze zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, zu integrierten Konzepten, zu Flexibilitätsmärkten sowie zu Flexibilitäts- und Infrastrukturkopplungs-Technologien abgeleitet. Im Modul Wärme wurden Ansätze zur Nutzung von erneuerbaren Energien, zur Nutzung von Abwärme sowie zur Flexibilisierung des Energiesystems identifiziert. Im Modul Mobilität wurden Ansätze zur Stärkung des ÖPNV und zur Integration von Angeboten der „Sharing Mobility“, zum Ausbau der Ladeinfrastruktur und der Gestaltung von Ladekonzepten sowie zum Waren- und Güterverkehr identifiziert.

Allen Ansätzen gemein ist die integrierte Betrachtung über alle Medien und Sektorengrenzen hinweg. Zudem wird als **Basis aller analysierten Ansätze und Konzepte** die weitere Steigerung der **Energieeffizienz** als Voraussetzung für Klimaschutz und Wirtschaftswachstum betrachtet. Nur mit ausreichender Steigerung der Energieeffizienz kann die Energiewende im Gesamtsystem kosteneffizient umgesetzt werden. Auch ist eine Skalierung der vorgestellten Ansätze und Konzepte größtenteils nur möglich, wenn der absolute Energieverbrauch jeweils reduziert wird.

Energie- und Ressourceneffizienz sowie eine Stärkung der Kreislaufwirtschaft können den Trends zur Erhöhung des Energieverbrauchs durch Wirtschaftswachstum und Konsumsteigerung entgegenwirken. Eine ambitionierte Energieeffizienzstrategie und eine Senkung des Endenergieverbrauchs in Deutschland sind zwingend erforderlich, um die Energiewendeziele und die wirtschaftspolitischen Ziele für eine reduzierte Abhängigkeit von Importen und Energiepreisen zu erreichen. Für eine integrierte Energiewende gilt es, die Energieeffizienzstrategie so zu gestalten, dass aus einzelwirtschaftlicher Perspektive ausreichend Freiraum besteht, um die Reduzierung von Emissionen und die Optimierung über Systemgrenzen und Wertschöpfungsketten hinweg zu ermöglichen.

Für diese modulübergreifenden Ansätze wurden modulspezifische Konzepte erarbeitet und nach den folgenden Kategorien beschrieben:

- Beschreibung im Kontext Energie-/Verkehrssystem und urbaner Raum
- Analyse von Hemmnissen und Darstellung möglicher Lösungen für eine breite Umsetzung
- Wirkung auf die Zieldimensionen der urbanen Energiewende
- Beispiele für die Anwendung des Konzepts in der Praxis

Die aufgeführten Ansätze und Konzepte sind dabei nicht als abschließend anzusehen, sondern nur als eine Sammlung möglicher Ansätze für den urbanen Raum zu verstehen.

## 1.2.4 Übersicht der Ansätze und Konzepte

**STROM-VERSORGUNG**

**Strom aus erneuerbaren Energien**

- Strom aus erneuerbaren Energien im urbanen Raum
- Import erneuerbarer Energien aus dem Umland

**Integrierte Konzepte**

- Integrierte Versorgung in Einzelgebäuden am Stadtrand
- Integrierte Versorgung für Quartiere

**Flexibilitätsmärkte**

- Virtuelle Kraftwerke (Anlagenpooling)
- Demand Side Management

**Flexibilisierung & Infrastrukturkopplung**

- Intelligente Nutzung KWK
- EE-Strom aus dem Umland („Nutzen statt Abregeln“)
- Kurzzeitspeicher Batterien
- PtG als Langzeitspeicher
- Umwandlungstechnologien

**WÄRME-VERSORGUNG**

**Wärme aus erneuerbaren Energien**

- Wärmenetze mit Einbindung Großwärmepumpen
- Wärmenetze mit Einbindung Tiefengeothermie
- Wärmenetze mit Einbindung Solarthermie
- EE-Strom aus dem Umland („Nutzen statt Abriegeln“)
- Energetische Nutzung von Biomasse
- Gebäudeintegrierte Wärmeversorgung / Wärmepumpen

**Wärme aus Abwärme**

- Wärmenetze mit der Einbindung von Abwärme (Produktion, Dienstleistung, Energiewandlung)
- Wärmenetze mit der Einbindung von Abwasserwärme

**MOBILITÄT**

**Weiterentwicklung ÖPNV & Sharing Mobility**

- Intermodalität
- Mobilitätszentralen
- Fahrten Bündeln (Ride-Sharing, Ride-Pooling)
- Stationsgebunden Car-/Bike-Sharing
- Stationsunabhängiges Car-, Scooter- und Bike-Sharing

**Ladeinfrastruktur & Ladekonzepte**

- Öffentliche Ladeinfrastruktur
- Halböffentliche Ladeinfrastruktur
- Private Ladeinfrastruktur

**Verbesserung der Waren- und Güterverkehre**

- Paketstation (öffentlich / privat)
- Mikro-Depot / City Hub
- Nachtbelieferung des Einzelhandels
- Liefer-Lkw (Elektro, H2, LNG)
- (Elektro-)Lastenrad

Abbildung 14: Übersicht Ansätze und Konzepte

### Besonderheit bei der Erarbeitung der Konzepte im Modul Wärme

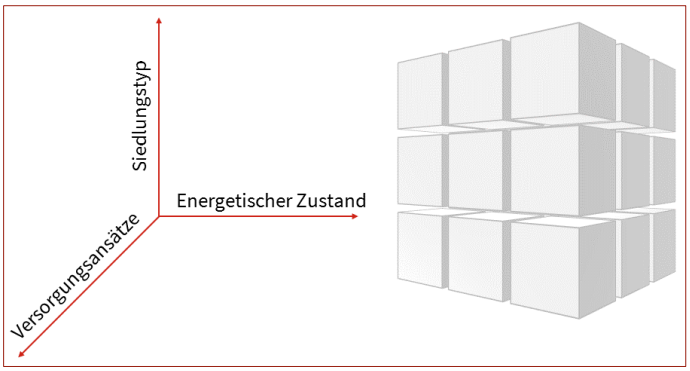



Abbildung 15: Quader zur Wärmeversorgung im urbanen Raum
Quelle: Eigene Darstellung BBHC

Bei der Erarbeitung der Ansätze im Modul Wärme erfolgte zusätzlich eine umfangreiche Gegenüberstellung verschiedener urbaner Charakteristika, um die für die Auswahl möglicher Versorgungskonzepte sehr relevante Dimension der Nachfragesituation berücksichtigen zu können. Die Wärmeversorgung im urbanen Raum ist unter anderem aufgrund von unterschiedlichen Siedlungsstrukturen, energetischen Zuständen von Gebäuden, geographischen Begebenheiten und historisch gewachsenen Infrastrukturen ein sehr heterogenes Feld. Der energetische Zustand der zu versorgenden Gebäude ist hauptverantwortlich für die Parametrisierung der zu installierenden Anlagen sowie kennzeichnend für die Vor- und Rücklauftemperaturen der installierten Heizflächen. Um jedoch Aussagen zur Umsetzbarkeit der Versorgungskonzepte nach örtlichen Begebenheiten tätigen zu können, wurden diese je Siedlungstyp und energetischem Zustand bewertet.

Zur Bewertung wurden potenzielle Hindernisse bei der Umsetzung der Konzepte abgeleitet und den jeweiligen potenziellen Umsetzungsfällen[7] zugeordnet. Auf Basis der Zuordnung der Hindernisse zu den potenziellen Umsetzungsfällen wurde anschließend eine qualitative Bewertung für die Umsetzbarkeit (Umsetzung technisch gut möglich, Umsetzung fallabhängig genau zu prüfen, Umsetzung technisch limitiert) der Konzepte vorgenommen. Die Validierung der hierdurch erzielten Bewertung erfolgt durch einen Abgleich mit einer in der Literatur bereits existierenden gröberen Zuordnung von Konzepten zu Siedlungstypen und energetischen Standards.[8] Hierbei wurden keine wesentlichen Abweichungen festgestellt.

[7] Umsetzungsfall beschreibt hierbei jeweils eine Kombination der drei Achsen, sprich aus Versorgungskonzept, Siedlungstyp und energetischem Zustand.
[8] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2008.

# 1.3 Auswertung hinsichtlich der Zieldimensionen

Wie in Teil A des Projektberichts beschrieben, wurde im Rahmen des Projekts eine qualitative Bewertung von Konzepten sowie konkreten Praxisprojekten vorgenommen. Basierend auf dieser Auswertung wurden konkrete Empfehlungen erarbeitet, die somit den Erkenntnisstand aus der theoretischen Bearbeitung ebenso berücksichtigen wie bestehende empirische Erfahrungen. Um eine methodische Bewertung für Praxisprojekte und Konzepte vornehmen zu können, wurden die bereits in Teil A vorgestellten fünf Zieldimensionen (Klimaschutz, Energiesystem, Attraktivität der Stadt, Wirtschaftlichkeit und Hebelwirkung) um je vier Unterkategorien erweitert, so dass indikative Aussagen in 20 Kategorien getroffen werden können. Um sowohl für die konkreten Praxisprojekte als auch für die generischen Handlungskonzepte eine einheitliche Priorisierung abzuleiten, wurden insgesamt über 2.000 Bewertungen mithilfe einer Likert-Skala vorgenommen:

Abbildung 16: Grafische Darstellung der Zieldimensionen und Unterkategorien

*trifft nicht zu* ---- *trifft eher nicht zu* ---- *teils-teils* ---- *trifft eher zu* ---- *trifft zu*

Dabei wurde für jede dieser Unterkategorien auf eine positive Thesenformulierung eine Bewertung von (1) „trifft nicht zu“ bis (5) „trifft zu“ vorgenommen. Mit dieser Methode wurde der Grad der Zielerreichung für ein Konzept in jeder Unterkategorie ermittelt. Ein Überblick der Zieldimensionen und Kategorien ist in der Abbildung 16dargestellt. Diese grafische Darstellung wird auf den folgenden Seiten je Konzept verwendet, um einen schnellen Überblick über die vorgenommene Bewertung der einzelnen Konzepte zu geben. Einen Gesamtüberblick aller untersuchten Konzepte ist in Abbildung 17 dargestellt. Die zusammenfassende Gesamtbewertung für jede Unterkategorie der Konzepte ist der Abbildung 20 zu entnehmen.

# 1.4 Auswertung beispielhafter Praxisprojekte

Von mehr als 200 in einer Vorstudie identifizierten Energiewendeprojekten in Städten wurden 74 Projekte im Detail ausgewertet. Aus diesem ausgewerteten Praxisprojekten werden auf den folgenden Seiten 35 Projekte in einer Kurzbeschreibung vorgestellt.

Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht über die in diesem Bericht beschriebenen Praxisbeispiele:

Abbildung 17: Im Bericht dargestellte Praxisprojekte

Die folgende Abbildung zeigt weitere Praxisprojekte, die im Rahmen des Projekts betrachtet wurden:

Abbildung 18: Weitere analysierte Praxisbeispiele

Auf der Themenseite zur urbanen Energiewende der dena unter www.dena.de/urbane-energiewende sind in einer „Digitalen Landkarte der Urbanen Energiewende“ zu vielen der oben aufgelisteten Praxisprojekte weitere Informationen hinterlegt.

Zur Darstellung der Gesamtbewertung der untersuchten Praxisbeispiele wurde in jedem Modul der Durchschnitt in jeder Kategorie gebildet und das Ergebnis in Prozent abgebildet. Die folgende Abbildung veranschaulicht das Gesamtergebnis in jeder Unterkategorie für jedes Modul.

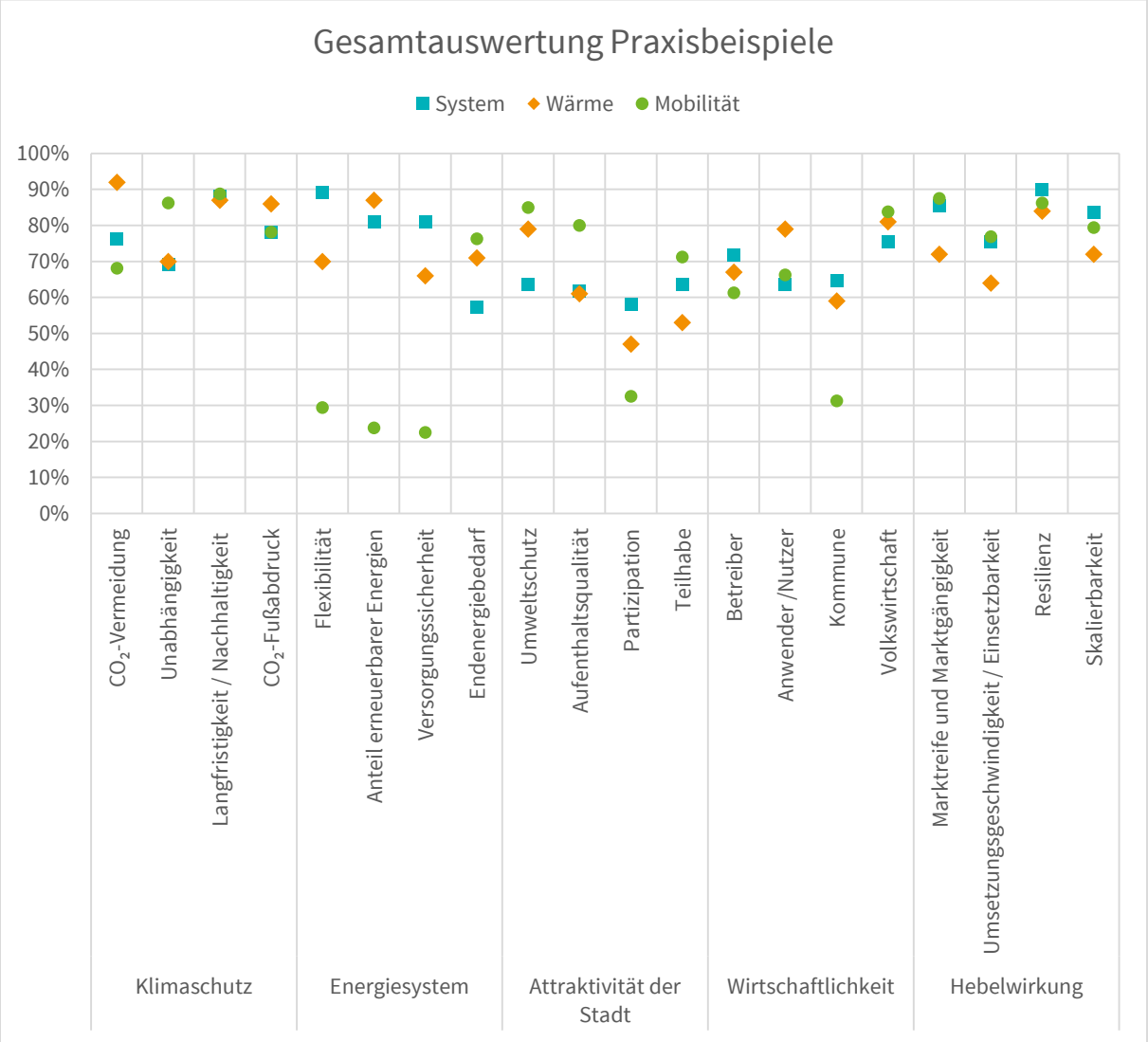



Abbildung 19: Gesamtauswertung der untersuchten Praxisbeispiele

Aus dieser Auswertung der vorgenommenen Bewertungen lässt sich beispielsweise ableiten, dass viele Praxisprojekte aus dem Modul Wärme einen signifikanten Beitrag zur Reduzierung von $CO_2$ leisten. Wärmeprojekte eignen sich demnach sehr gut für eine direkte Vermeidung oder Reduktion von $CO_2$-Emissionen, bspw. durch die Substitution von Energieträgern oder die Reduktion des Energiebedarfs.

Die Gesamtauswertung zeigt weiterhin, dass die untersuchten Praxisbeispiele aus allen drei Modulen langfristig wirksam sind und im gesamten Lebenszyklus geringe $CO_2$-Emissionen aufweisen. Darüber hinaus macht die Auswertung deutlich, dass Praxisprojekte mit Wirksamkeit auf die Stromversorgung / System zumeist auch die Flexibilisierung von Energiebedarf und Energiebereitstellung fördern. Dies lässt sich unter anderem auf den Einsatz von Technologien zur Energieumwandlung und Sektorkopplung und die Umsetzung integrierter Ansätze zurückführen, was eine bessere Ausnutzung von (Infrastruktur-)Kapazitäten ermöglicht.

Für die Steigerung des Anteils von erneuerbaren Energien im Energiesystem, weisen vor allem die Praxisbeispiele aus dem Bereich Wärme eine große Wirksamkeit auf. Dafür verantwortlich sind unter anderem die unterschiedlichen individuellen Ansätze, die spezifisch auf das regionale bzw. lokale EE-Angebot angepasst sind. Darauf weist auch die Tatsache hin, dass die Wärmeprojekte im Durchschnitt in den Unterkategorien Skalier-

barkeit und Übertragbarkeit eher geringer bewertet wurden. Durch die Dekarbonisierung der Nah- und Fernwärmesysteme ist es möglich, einen großen Anteil der Haushalte in Ballungsräumen mit erneuerbarer Wärme zu versorgen. Alternativ können sich Haushalte durch dezentral erzeugte Solarwärme selbst versorgen oder ihre Wärmeversorgung durch Bioenergie-basierte BHKWs aus erneuerbaren Energien decken. Dieser Ansatz führt auch zu der sehr positiven Bewertung der betrachteten Mobilitätsprojekte im Bereich der Endenergiebedarf Senkung sowie zur Erhöhung des Umweltschutzes und der städtischen Aufenthaltsqualität.

Modulübergreifend wird deutlich, dass die Praxisbeispiele in den Unterkategorien Partizipation und Teilhabe durchschnittlich eher geringer bewertet wurden. Nur bei wenigen untersuchten Praxisprojekten konnten ein ganzheitliches Kommunikationskonzept und transparente Informationskampagnen identifiziert werden. Mit Ausnahme der volkswirtschaftlichen Betrachtung fällt auch die Bewertung der Wirtschaftlichkeit über alle Module eher durchschnittlich aus. Ursache hierfür stellen unter anderem die zum Teil hohen Investitionskosten und fehlende Möglichkeiten zur Kostenumlegung dar. Problematiken wie beispielsweise das Kosten-Nutzen Dilemma dämpfen die Zahl der Sanierungen sowie die Investitionen in innovative Versorgungstechnologien.

Die durchschnittlich besten Bewertungen wurden in der Rubrik Hebelwirkung vergeben, wobei Praxisbeispiele aus dem Bereich Wärme, wie oben bereits erwähnt, grundsätzlich als weniger gut skalierbar und übertragbar eingestuft wurden. Übergreifend kann jedoch die Aussage getroffen werden, dass sich die untersuchten Praxisprojekte im besonderen Maße dazu eignen großflächig und schnell in einer Vielzahl von Ballungsräumen eingesetzt zu werden.

Wie oben beschrieben wurde die Bewertung ebenfalls auf die 34 den Ansätzen zugeordneten Konzepte angewandt. In der nachfolgenden Abbildung ist das Ergebnis der Gesamtbewertung der Konzepte dargestellt.

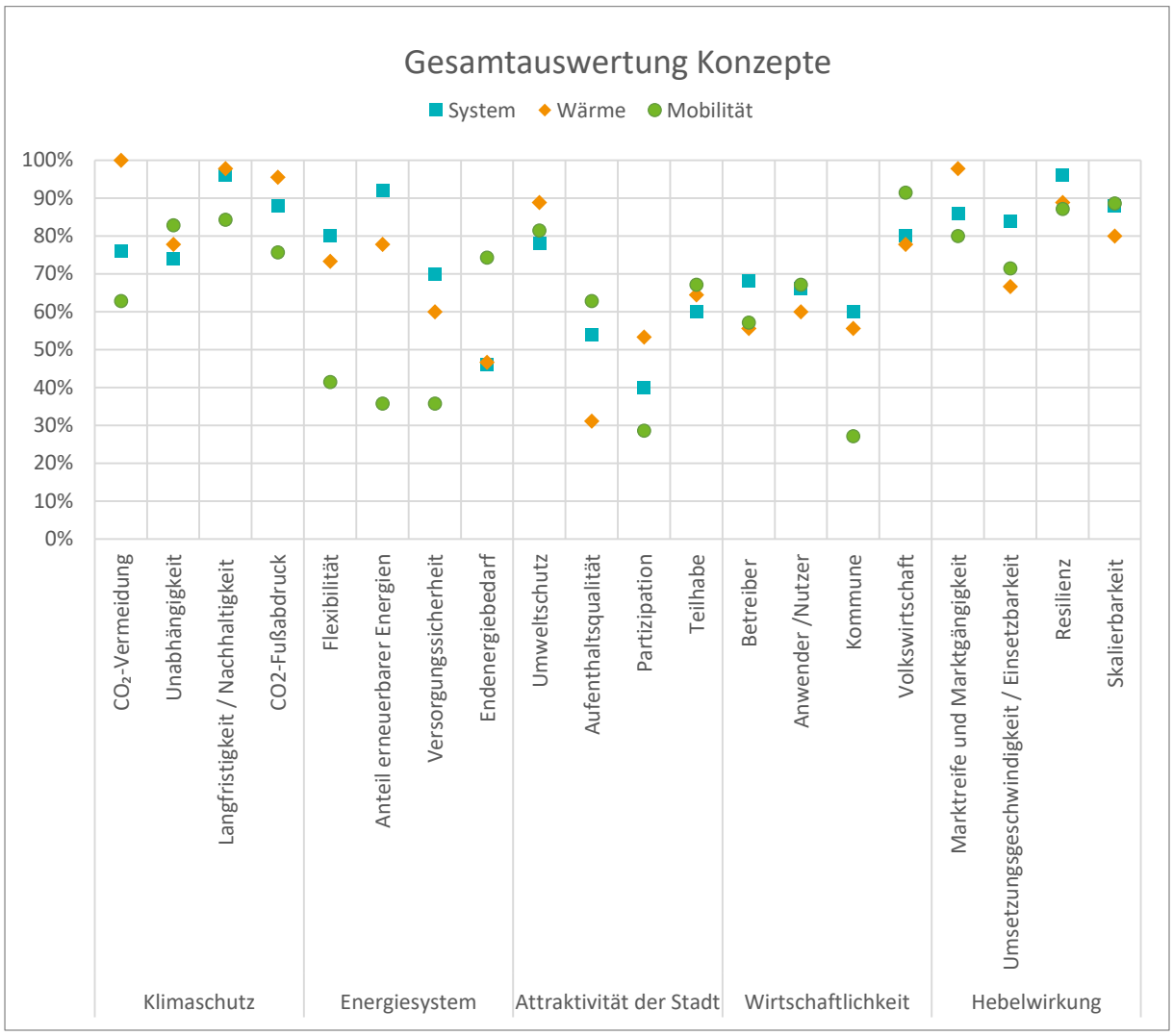



Abbildung 20: Gesamtauswertung der Konzepte

Bei Gegenüberstellung der Bewertungen der Praxisprojekte mit derjenigen der theoretisch erarbeiteten Konzepte wird deutlich, dass keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung auftreten. Diese Erkenntnis unterstreicht die enge Kopplung der Praxisbeispiele und der generischen Konzepte welche in diesem Bericht für sachliche Aufbereitung der Hemmnisanalyse und Handlungsoptionen genutzt wurden.

# B 2 Energiesystem und Strom

## 2.1 Ansatz: Stromversorgung aus erneuerbaren Energien

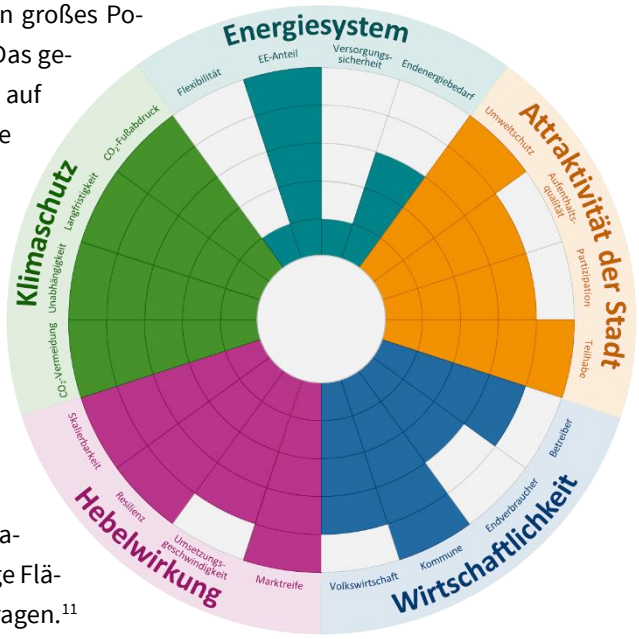
Urbane Räume sind zumeist Energiesenken, die zur Deckung des Energiebedarfs in der Regel auf die Energiebereitstellung von außerhalb der Stadt angewiesen sind. Während die Stromnachfrage auch in urbanen Räumen weiter steigt, werden gleichzeitig verfügbare Erzeugungsflächen durch weitere Verdichtung zunehmend knapper. Die Frage der Flächenverfügbarkeit wird zudem auch im Umland aufgrund der Häufigkeit und Sichtbarkeit der Anlagen und dadurch steigende Akzeptanzprobleme verstärkt. Städte sollten daher zunehmend einen Teil ihres Strombedarfs auch aus innerstädtisch erzeugten erneuerbaren Energien decken. Aufgrund der Bau- und Siedlungsstrukturen erfolgt die EE-Erzeugung in urbanen Räumen in der Regel meist kleinteilig.

Gleichzeitig besteht innerstädtisch oft Potenzial für Stromerzeugung durch PV-Aufdachanlagen und kleinere Windenergie- sowie KWK- und BHKW-Anlagen. Studien zeigen, dass 20 bis 30 Prozent des Strombedarfs in einer Stadt bis 2050 durch lokal erzeugten PV-Strom gedeckt werden können.[9] Ergänzend zur innerstädtischen Stromerzeugung und zum Erhalt der Versorgungssicherheit werden jedoch weiterhin erneuerbare Energie in Städte importiert werden. Hier bieten sich EE-Erzeugungsanlagen aus dem Umland der Ballungsgebiete an.

Die folgenden Abschnitte stellen Konzepte für die Erzeugung von und die Versorgung mit Strom aus erneuerbaren Energien zur Deckung des Strombedarfs im urbanen Raum vor, welcher zum einen im urbanen Raum erzeugt wird und zum anderen in den urbanen Raum importiert wird.

### 2.1.1 Konzept: Strom aus erneuerbaren Energien im urbanen Raum

In Städten besteht insbesondere aus PV-Dachanlagen ein großes Potenzial zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Das gesamte PV-Potenzial in Berlin entfällt schätzungsweise auf 55 Prozent Gebäude mit Wohnnutzung, wobei das größte Potenzial bei **Mehrfamilienhäusern** besteht.[10] Es existieren jedoch auch weitere innovative und nachhaltige Möglichkeiten wie PV-Fassadenanlagen, kleine WEA sowie Blockheizkraftwerke (BHKW), die mit erneuerbaren Brennstoffen wie Bioenergie oder synthetischen Gasen betrieben werden. Der dezentrale Charakter vieler dieser Technologien ermöglicht eine verbrauchsnahe Stromerzeugung und reduziert damit den erforderlichen Ausbau des Verbundnetzes. Weiterhin kann eine homogenere Verteilung der regenerativen Erzeugungsanlagen, im Gegensatz zu einer Konzentration auf einige wenige Flächen, zu einer ausgeglichenen Energiebereitstellung beitragen.[11]




[9] Hirschl, B. & Harnisch, R., 2016.
[10] Bergner, Siegel, & Quaschning, 2018.
[11] Birkner, P., 2013, S. 225-231.

### Anwendung im urbanen Raum

Die Nutzung des vorhandenen Flächenpotenzials für EE-Stromerzeugung und damit verbundene Umsetzungsmodelle hängen aufgrund der momentanen Rechtslage von der dreiseitigen Beziehung zwischen Anlagenbesitzer, -betreiber und stromnutzender Person ab.

**Eigenversorgungsmodelle** bieten Anreize, erneuerbaren Strom vor Ort selbst zu erzeugen und zu nutzen. Wird Strom vor Ort erzeugt, entfällt für diesen Strom der Transportvorgang über das Netz der allgemeinen Versorgung. Eigenversorger zahlen aus diesem Grund für den Strom keine Netzentgelte. Zudem profitieren Eigenversorger teilweise von einer Befreiung von der Stromsteuer und von einer Reduzierung der EEG[12]-Umlage. Wesentliches Merkmal der Eigenversorgung ist die Personenidentität von Anlagenbetreiber und Verbraucher, weshalb das Modell vornehmlich nur für Eigentümer einer Immobilie, die ausschließlich von ihnen selbst genutzt wird, in Betracht kommt. Die Personenidentität tritt vor allem in den ST1 und ST2 auf, und ist deshalb besonders dort als Modell umsetzbar.

**Mieterstrommodelle.** Die Regelungen zur Eigenversorgung sind für den Betrieb von Anlagen in Mehrfamilienhäusern (ST3-ST7) grundsätzlich nicht anwendbar, da der Anlagenbetreiber – meist der Hauseigentümer – personenverschieden mit den stromnutzenden Mietern ist. Mieter werden somit schlechtergestellt als Bewohner eines Eigenheims. Der Gesetzgeber hat darauf reagiert und 2017 mit dem Mieterstromgesetz[13] einen Förderanspruch für Stromlieferungen durch Betreiber von PV-Anlagen an Mieter als Letztverbraucher ohne Nutzung des allgemeinen Versorgungsnetzes geschaffen. Der Anlagenbetreiber – üblicherweise der Hauseigentümer bzw. die Wohnungseigentümergemeinschaft – hat je gelieferter kWh Anspruch auf den Mieterstromzuschlag gemäß §§ 19 Abs. 1 Nr. 3, 21 Abs. 3 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2017).[14] Die Umsetzung des Modells in die Praxis läuft jedoch langsamer als ursprünglich erhofft: Im Mieterstromgesetz wurde eine jährliche Förder-Obergrenze von 500 MW Mieterstromanlagen eingeführt. Laut „Mieterstrombericht“ der Bundesregierung wurden mit Datenstand von Anfang Juli 2019 seit Inkrafttreten des Mieterstromgesetzes im Juli 2017 deutschlandweit jedoch erst 677 PV-Mieterstromanlagen mit insgesamt rund 13,9 MW gemeldet – der 500 MW-Deckel wurde im Jahr 2019 bislang erst zu rund 1 Prozent ausgenutzt. Gründe für den langsamen Ausbau von Mieterstrom sind finanzielle, bürokratische und technische Hemmnisse sowie steuerliche Barrieren für Immobilienbesitzer.

### Praxisbeispiel GrowSmarter

Zusammen mit Barcelona und Stockholm gehört Köln zu den zwölf Leuchtturmstädten, die im Rahmen des europäischen Verbundprojekts GrowSmarter für die Entwicklung von Smart City Lösungen gefördert werden. Als Testgebiet dient die Kölner Stegerwaldsiedlung mit rund 1.400 Wohnungen. Durch umfassende Sanierungsmaßnahmen und Vor-Ort-Erzeugung von Strom sowie moderne Mobilitätsstationen entsteht hier ein Stadtteil mit einem innovativen Energie- und Mobilitätskonzept.

Auf den Dächern der Mehrfamilienhäuser werden Photovoltaik-Anlagen mit einer Gesamtkapazität von 968 kWp installiert. Mieter können den PV-Strom vom eigenen Dach als Mieterstrom beziehen, kombiniert mit der Energiegewinnung durch effiziente Erzeugung aus einem BHKW. Nicht direkt genutzter PV-Strom wird in Batterien zwischengespeichert. Das Gesamtsystem wird durch eine von der RheinEnergie AG entwickelte „Siedlungsmanagement“-Software automatisch optimiert und gesteuert.

Grow Smarter bietet einen ganzheitlichen, sektorübergreifenden „Smart City“-Ansatz für Großstädte. Gleichzeitig stellt die Größenordnung (Köln ist die viertgrößte Stadt Deutschlands) eine besondere Herausforderung bei der praktischen Umsetzung des Projekts dar.

[12] Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2017) vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.
[13] Gesetz zur Förderung von Mieterstrom und zur Änderung weiterer Vorschriften des Erneuerbare-Energien-Gesetzes vom 17. Juli 2017.
[14] Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

Ein weiterer Anreiz, EE-Strom dezentral in den Städten zu produzieren, bieten **Contracting-Modelle**. Hierbei handelt es sich um eine Kooperationsform zwischen einem Contractor als externem Energiedienstleistungsunternehmen und dem Contracting-Nehmer. Der Contractor garantiert dabei die Energielieferung zu einem festen Preis inklusive Wartung und Instandhaltung und übernimmt die technischen und wirtschaftlichen Implementierungs- und Betriebsrisiken.[15] Je nach Ausgestaltung des Vertragsverhältnisses sind verschiedene Contracting-Formen denkbar. Häufigste Form ist das Energieliefer-Contracting (ca. 84 Prozent der Verträge)[16], bei der sich der Contractor verpflichtet, jährlich bestimmte Mengen an Heizwärme oder elektrischer Energie an den Contracting-Nehmer zu liefern. Der Kunde bezahlt in der Regel einen festgelegten Arbeitspreis für die gelieferte Energie zuzüglich einer festen Pauschale (Grundpreis). Das Energieliefer-Contracting kann vertraglich auch als Solarliefer-Contracting ausgestaltet werden. Für Eigentümer großer Dachflächen bietet diese Contracting-Form eine Möglichkeit, die verfügbare Fläche für die Erzeugung erneuerbarer Energien zu nutzen. Je nach Vertragsgestaltung stellt ein Gebäudeeigentümer dem Energiedienstleister eine ungenutzte Dachfläche über eine vereinbarte Laufzeit für die Installation und den Betrieb einer PV-Anlage zur Verfügung. Während dieser Zeit verpflichtet sich der Contractor, den Solarstrom vom Dach dem Kunden zum festgelegten Preis zu liefern. Im Gegenzug verpflichtet sich der Kunde, den vor Ort produzierten Solarstrom dem Contractor abzunehmen. Die Finanzierung, Wartung und Pflege übernimmt der Contractor. Mögliche Anwendungsfälle im urbanen Raum sind beispielsweise kommunale und öffentliche Einrichtungen wie Schulen oder Kindergärten sowie Krankenhäuser, Industrie- und Gewerbebetriebe oder Wohngebäude.

**Relevante Akteure**

Die zentralen Akteure dieses Konzepts sind Mieter als Endkunden, Gebäude- und Wohnungseigentümer, beispielsweise öffentliche Wohnungsbaugesellschaften, private Wohnungsunternehmen oder Wohnungseigentümergemeinschaften, Contracting-Unternehmen sowie private und kommunale Energieversorgungsunternehmen, die die Anlage planen und betreiben können.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Das Potenzial für Photovoltaik- und Windenergie-Erzeugungsanlagen im urbanen Raum wird durch verschiedene Faktoren eingeschränkt. Hierbei sind Eigentumsverhältnisse und Denkmalschutz ebenso entscheidend, wie ökonomische Bewertungskriterien und die Flächennutzungskonkurrenz.[17] Die Kommunen können durch **Vorgaben zur Nutzung von Dachflächen** bei innerstädtischen Neubauten beispielsweise im Bebauungsplan gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB auf größere Verbreitung von innerstädtischer EE-Stromerzeugung hinwirken.

Der Anspruch auf eine feste Einspeisevergütung nach § 21 Abs. 1 Nr. 1 EEG 2017 für Photovoltaikneuanlagen bis zu 100 kW reduziert sich nach § 49 Abs. 5 EEG 2017 auf null, wenn die Summe der installierten Leistung geförderter Solaranlagen den Gesamtdeckel von 52 GW überschreitet. Für kleinere Solaranlagen wie beispielsweise Dachanlagen bestünde also bei Erreichen des Gesamtdeckels kein Zahlungsanspruch mehr. Um einen Einbruch des PV-Ausbaus zu vermeiden, sollte die Bundesregierung die Beschlüsse des Klimakabinetts umsetzen und den **52 GW-Deckel umgehend ersatzlos streichen**.

PV-Anlagen weisen zudem weiterhin hohe Zustimmungsraten in der Bevölkerung auf: 71 Prozent sprechen sich dafür aus, auch in Zukunft neue Dachanlagen zu fördern.[18] Deshalb sollten politische Instrumente weiter ausgebaut werden, um die Akzeptanz in der Bevölkerung weiterzuentwickeln und zu stärken.

[15] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und, 2009b.
[16] Danner & Theobald, Energierecht, 99. Contracting, 2018b.
[17] Bergner, Siegel, & Quaschning, 2018.
[18] Diermann, 2019.

Nach derzeitiger Rechtslage handelt es sich bei Mieterstrom und Contracting aufgrund fehlender Personenidentität zwischen Anlagenbetreiber und Stromnutzer nach EEG 2017 nicht um „Eigenversorgung", so dass Eigenversorgungsprivilegien nicht greifen und die EEG-Umlage nach § 60 EEG 2017 in vollem Umfang getragen werden muss. Das macht Mieterstrommodelle im Vergleich zur Eigenversorgung wirtschaftlich unattraktiv.

Durch eine **Reform des EEG** könnten Anreize für die Mieterstrommodelle erhöht werden. Hierzu sollte der Bundesgesetzgeber die Definition der Eigenversorgung in § 3 Nr. 19 EEG 2017 dahingehend ändern, dass das Erfordernis der Personenidentität gestrichen wird. Nach den Vorgaben der neuen Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II)[19] ist das Verständnis der Eigenversorgung im EEG 2017 ohnehin mit den europarechtlichen Vorgaben nicht vereinbar, sodass im Zuge der Richtlinienumsetzung durch den deutschen Gesetzgeber eine Anpassung der Definition zu erwarten ist.

Zudem werden Anlagenbetreiber bei Energielieferungen an Endkunden als Energieversorgungsunternehmen eingestuft und müssen dadurch zusätzliche Pflichten nach dem Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)erfüllen.[20] Durch Einführung einer **De-minimis Regelung im EnWG** könnte erreicht werden, dass Anlagenbetreiber erst ab einer gewissen Zahl belieferter Endkunden als EVU eingestuft werden – hierdurch könnten die administrativen Aufwände für Contractoren und Mieterstrombetreiber reduziert werden.

Kundenanlagen sind notwendig, um Mieterstrom in die Städte zu bringen. Deshalb sollte der Begriff der Kundenanlage i. S. d. § 3 Nr. 24a EnWG vom Bundesgesetzgeber geschärft werden. Dabei sollte einerseits geklärt werden, unter welchen Voraussetzungen ein räumlicher Zusammenhang festgestellt werden kann, z.B. als einheitlich wahrnehmbares Gebiet mit funktionalem Zusammenhang. Andererseits sollte geklärt werden, wann eine Kundenanlage als unbedeutend für den Wettbewerb eingestuft werden kann. Die absolute Anzahl angeschlossener Letztverbraucher sollte dabei als Kriterium gestrichen werden. Im Fokus sollte die individuelle Situation vor Ort stehen. Denn der im EnWG angesprochene unverfälschte Wettbewerb dient nicht dem Schutz des Wettbewerbs um Netze. Der Wettbewerb um Netze findet durch die regelmäßigen Vergabeverfahren im Sinne von § 46 EnWG statt.

[19] Richtlinie (EU) 2018/2001 (2. Erneuerbare-Energien-Richtlinie – RED II) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung), die nach Art. 71 Abs. 1 RDE II im Wesentlichen bis zum 31.12.2020 vom nationalen Gesetzgeber umgesetzt werden muss.

[20] Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

### 2.1.2 Konzept: Import erneuerbarer Energien aus dem Umland

Als Ergänzung zur Erzeugung von Strom innerhalb der Stadtgrenzen mithilfe städtischer Erzeugungsanlagen wird auch weiterhin der Bezug von Strom aus Erzeugungsanlagen aus dem Umland eine bedeutende Rolle spielen. Die im Umland angesiedelten Erzeugungsanlagen ergänzen die städtischen Anlagen und erfüllen daneben auch eine wichtige Funktion im Hinblick auf die Versorgungssicherheit. Die Energieerzeugung im Umland erfolgt dabei maßgeblich aus größeren Windkraft-, Biomasse- sowie PV-Freiflächenanlagen. PV-Dach- und Fassadenanlagen spielen im Umland im Verhältnis zu den übrigen Erzeugungsanlagen aufgrund ihrer geringeren Erzeugungsleistungen eine untergeordnete Rolle. Um die Stadt-Umland-Beziehung zu stärken, könnte eine direkte Beziehung der erneuerbaren Stromerzeuger im umliegenden ruralen Raum mit den Verbrauchern im urbanen Raum über Direktlieferverträge mit Herkunftsnachweis oder alternativ bei EEG-gefördertem Strom durch Regionalnachweise hergestellt werden.

**Anwendung im urbanen Raum**

Die Energieversorgung aus dem Umland kann beispielsweise durch regionale Grünstromvermarktung mittels langfristiger **Energielieferverträge (Power Purchase Agreements, PPA)** ausgestaltet werden. PPAs sind auf dem Strommarkt ein gängiges Modell zur vertraglichen Ausgestaltung der Lieferbeziehung zwischen Energieerzeuger und Abnehmer. Mit dem stetigen Ausbau der erneuerbaren Energien gewinnen direktvertragliche Vereinbarungen über die Lieferung von EE-Strom (Green PPA) zunehmend an Bedeutung. Der Unterschied zu den konventionellen PPAs ist der ausschließliche Bezug von EE-Strom. Der Strom wird mittels PPAs im Wege der sonstigen Direktvermarktung nach dem EEG 2017 vermarktet, sodass die Erzeuger keine EEG-Förderung erhalten. Die gesetzliche Vergütung nach dem EEG wird durch die vertragliche ersetzt. PPAs bieten vor allem für ältere Bestandsanlagen, deren Förderung nach dem EEG 2017 in naher Zukunft ausläuft, eine alternative Vermarktungsmöglichkeit. Die PPAs sehen in der Regel entweder eine Stromlieferung über eine Direktleitung oder einen Netzstrombezug mit Herkunftsnachweisen vor. Trotz großer Verbreitung von PPAs in anderen europäischen Ländern und den USA wurden in Deutschland bislang nur wenige Energielieferverträge geschlossen.[21] Dabei handelte es sich in den meisten Fällen um Stromlieferungen aus dem Ausland oder zukünftige Stromlieferungen von Bestandsanlagen nach Ende des Förderzeitraums.[22] Bei EE-Neuanlagen in Deutschland sind Direktlieferverträge mit Verzicht auf die EEG-Förderung meist nur an ertragsstarken Standorten relevant; für viele durchschnittliche Standorte ist die Nutzung der EEG-Förderung mit Marktprämie für viele Energieerzeuger das ökonomisch attraktivere Modell.[23]

Eine weitere Ausgestaltungsmöglichkeit liegt in der Vermarktung des EE-Stroms über die EEG-geförderte Direktvermarkung mit Marktprämie nach §§ 19 Abs. 1 Nr. 1, 20 EEG 2017. Die Vermarktung erfolgt dabei seit dem EEG 2017 für die Betreiber von EE-Neuanlagen (Wind an Land und auf See, Solar und Biomasse) über das Aus-

[21] Hamburg Institut Research gGmbH, 2019, S. 46.
[22] Ebd. S. 46 f.
[23] Ebd.

schreibungssystem. Städtische Endkunden können den Strom bei dieser Vermarktungsform direkt vom Versorger ihrer Wahl beziehen. Um die Regionalität des Stroms sicherzustellen, können **Regionalnachweise** für den EE-Strom ausgestellt werden, die seit Januar 2019 über das Regionalnachweisregister verwaltet werden. Mit den Regionalnachweisen können die Stromerzeuger in ihrer Stromkennzeichnung ausweisen, dass der gelieferte EE-Strom aus der Region des Endkunden kommt. Gesetzliche Grundlage bildet die Herkunfts- und Regionalnachweis-Durchführungsverordnung (HkRNDV).[24] Die Region wird aus Postleitzahlengebieten gebildet, die sich in einem Umkreis von 50 km von dem Postleitzahlengebiet befinden, in dem der Strom verbraucht wird.[25] Mit den Regionalnachweisen soll sichergestellt werden, dass die regionale Eigenschaft der Strommenge nur einmal an den Endkunden verkauft wird. Eine wichtige Voraussetzung für die Kennzeichnung der Strommengen mit Regionalnachweisen ist, dass die Strommenge einen Anspruch auf die Marktprämie hat, § 18 Abs. 1 Nr. 5 HkRNDV. Das bedeutet, dass die Regionalnachweise nur für diese Vermarktungsform nach dem EEG ausgestellt werden können. Im Gegensatz dazu dürfen Herkunftsnachweise nur ausgestellt werden, wenn für die Strommenge kein Zahlungsanspruch nach dem EEG besteht, § 12 Abs. 1 Nr. 6 HkRNDV. Es ist möglich, die Strommengen nach § 21b Abs. 2 S. 1 EEG 2017 aufzuteilen, sodass für einen Teil die Marktprämie mit Regionalnachweisen bezogen wird und der andere Teil über PPAs mit Herkunftsnachweisen vermarktet wird.

**Relevante Akteure**

Die zentralen Akteure sind die EE-Anlagenbetreiber, regionale EVU (beispielsweise Stadtwerke), Netzbetreiber, Landkreise, Kommunen und Endkunden. Zudem spielen die Landkreise und Kommunen vor allem hinsichtlich der Planung und Genehmigung der EE-Anlagen eine wichtige Rolle.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Netzengpässen bei der Verteilung des erzeugten Stroms aus dem Umland in die Städte kann durch das Zusammenspiel aus der Bereitstellung flexibler Lasten in der räumlichen Nähe der Erzeugungsanlagen (inklusive Speichersysteme) und Netzausbau begegnet werden. Dabei ist zu begrüßen, dass der Bundesetzgeber durch Ausgestaltung des §14a EnWG zeitnah Anreize für eine netzverträgliche Bereitstellung von Flexibilitäten in der Niederspannungsebene schaffen wird. Zusätzlich könnte der Netzausbau ab Mittelspannungsebene durch den **Einsatz von Flexibilitätsoptionen** flankiert werden; damit die marktliche Beschaffung solcher Mittel für Netzbetreiber renditeneutral möglich ist, bräuchte es eine gezielte Anpassung der Anreizregulierungsverordnung.[26]

Derzeit hindern zunehmend Akzeptanzprobleme im Umland den weiteren Ausbau der EE-Stromerzeugung und sowie der notwendigen Infrastrukturerweiterungen. Als ein Grund hierfür wird fehlende Wertschöpfung vor Ort genannt. Um die **Akzeptanz für den Zubau weiterer EE-Anlagen** zu erhöhen, ist es erforderlich, dass der Bundesgesetzgeber im Verwaltungs- und Planungsrecht eine frühe Öffentlichkeitsbeteiligung einführt. Daneben könnte eine monetäre Teilhabe der Standortkommunen über eine Sonderabgabe oder vergleichbare Abgabe als Einmalzahlung bei Errichtung und als jährliches Entgelt während dem operativen Betrieb der EE-Anlagen geregelt werden. Diese könnte durch den Bundesgesetzgeber im Zuge einer Änderung des EEG implementiert werden. Energielieferungen könnten zudem stärker mit Kompensationsleistungen der Stadt an das Umland (beispielsweise Mobilitätsangebote oder Versorgung mit öffentlichen Leistungen) verknüpft werden.

[24] Herkunfts- und Regionalnachweis-Durchführungsverordnung vom 8. November 2018 (BGBl. I S. 1853).
[25] Umweltbundesamt, 2019d.
[26] Anreizregulierungsverordnung (ARegV) vom 29. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2529), die zuletzt durch Artikel 23 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

Die grüne Eigenschaft der Strommenge kann bei PPAs nur über Herkunftsnachweise vermarktet werden. Diese haben den Nachteil, dass sie nicht zur Erfüllung von EE-Stromquoten genutzt werden können. Zudem schließen Herkunftsnachweise Zahlungsansprüche nach dem EEG 2017 aus, da diese gegen das Doppelvermarktungsverbot aus § 80 EEG 2017 verstoßen (zusätzlich ausdrücklich in § 12 Abs. 1 Nr. 6 HkRNDV normiert). Um **weitere Anreize für (grüne) PPAs** zu schaffen, bedarf es einer Verzahnung von Förderregime und marktbasierten PPAs. Da PPAs sich insbesondere an Standorten mit guten Marktwerten eignen, könnten diese Standorte als PPA-Gebiete und andere mit weniger guten Marktwerten als EEG-Gebiete ausgewiesen werden.[27] Dafür wäre eine Reform des EEG durch den Bundesgesetzgeber erforderlich. Die grüne Eigenschaft des Stroms könnte über eine Gleichstellung von bilanziellem Grünstrom mit physikalischem Grünstrom mittels sortenreiner Bilanzkreise erfolgen. Dafür bedarf es Anpassungen im EEG und EnWG durch den Bundesgesetzgeber.[28]

## 2.2 Ansatz: Integrierte Konzepte

Im Fokus integrierter Versorgungskonzepte steht die Optimierung des Gesamtsystems über alle Energieträger, -infrastrukturen und -anwendungen bei gleichzeitiger Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien. Als Mittel zur Umsetzung stehen Technologien im Vordergrund, die eine Kopplung und integrierte Betrachtung verschiedener Infrastrukturen und Technologien zur Bereitstellung der benötigten Endenergie und notwendigen Flexibilität ermöglichen. Hier sind insbesondere strom-, gas- und wärmebasierte Technologien zur Endenergiebereitstellung und -speicherung sowie die Einbindung des Verkehrssektors zu nennen. Endkunden haben die Möglichkeit ihre Strom-, Wärme und Mobilitätsbedürfnisse zu optimieren und durch Flexibilitätsoptionen (Fuel Switch, thermische/elektrische Speicherung, Trägheit der Gebäudemasse, Nutzerverhalten) den Eigenverbrauchsanteil an lokal erzeugtem Strom zu erhöhen. Dabei sind integrierte Konzepte räumlich meist (noch) auf ein klar umrissenes Teilgebiet der Stadt begrenzt, die integrierte Sicht im Gesamtsystem wird dabei in der Regel in kleineren Systemteilen entwickelt beziehungsweise umgesetzt und getestet. Integrierte Konzepte können auf Ebene einzelner Gebäude (Einfamilienhaus, Doppelhaushälften, Mehrfamilienhäuser) oder in Quartieren (Wohngebäude oder Mischformen von Wohn- und Gewerbegebieten) umgesetzt werden. Auch der Zusammenschluss mehrerer Quartiere zu einer größeren Einheit über Schwarmansätze ist möglich

Anreize zur Umsetzung von integrierten Konzepten bieten unterschiedliche Erlösmöglichkeiten für verschiedene Akteure. So können beispielsweise Endkunden ihre Energiekosten senken, Anlagenbetreiber zusätzliche Erlöse durch Bereitstellung von Flexibilität oder durch Vermarktung der erzeugten Energie erwirtschaften und Netzbetreiber Kosten der Netzbewirtschaftung senken. Allerdings stehen diesen Möglichkeiten noch weiter unten genannte regulatorische, technische und wirtschaftliche Hemmnisse entgegen.

[27] Hamburg Institut, 2019.
[28] Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2017.

**Praxisbeispiel Hyllie**

Im Süden der schwedischen Stadt Malmö entsteht bis 2025 ein innovativer Stadtteil der Zukunft: Hyllie. Ziel ist es hier, bis 2025 eine hunderprozentige erneuerbare und recycelte Energieversorgung zu erreichen, wobei mindestens 70 Prozent der Stromversorgung lokal erzeugt werden sollen. Das Vorhaben zeichnet sich vor allem durch seinen ganzheitlichen Ansatz sowie die Verknüpfung vieler innovativer sektorenübergreifender Ansätze aus. So spielt Recycling eine ebenso wichtige Rolle im Energiesystem von Hyllie, wie die effiziente und smarte Integration von erneuerbaren Energien in das Energiesystem. Darüber hinaus stellt die bewusste Einbindung der Bürger/-innen sowie die Entwicklung integrierter Mobilitätskonzepte einen wichtigen Grundpfeiler des Modellvorhabens dar. Eigenen Angaben zufolge werden in Hyllie durch das innovative Gesamtkonzept pro Jahr 13.500 t $CO_2$ eingespart. Zu den Projektpartnern gehören E.ON, VA SYD – der lokale Versorger für Wasser, Abwasser und Müllentsorgung – und die Stadt Malmö. Mit der Unterstützung der Swedish Energy Agency implementierten E.ON und die Stadt Malmö gemeinsam das Smart Grid System in Hyllie. Schon jetzt steht Hyllie als führendes europäisches Vorzeigeprojekte im Bereich Nachhaltigkeit, da hier zukunftsweisende Systemlösungen im Zusammenspiel mit Markt- und Geschäftsmodellen unter Realbedingungen getestet werden können.

**Praxisbeispiel Brainergy Park Jülich**

Der Brainergy Park Jülich ist ein 52 Hektar großes interkommunales Gewerbegebiet nördlich der Stadt Jülich. Es soll unter Einbindung der Fachhochschule Aachen, des Deutschen Zentrums für Luft-und Raumfahrt und des Forschungszentrums Jülich als Leuchtturmprojekt für den rheinischen Strukturwandel entwickelt werden.

Auf dem Entwicklungsgebiet ist eine Straßen- und Versorgungsinfrastruktur bestehend aus zwei Ringen geplant – ein innerer um das Kerngebiet und ein äußerer um das gesamte Gewerbegebiet. Beide Bereiche sollen an das konventionelle Gas-, Wasser- und Stromnetz angebunden werden. Zusätzlich wird im Kerngebiet eine weitere Wärme-, Kälte- und Stromversorgung angelegt, an welche die Unternehmen als Prosumer angeschlossen werden sollen. Das entstehende LowEx-Wärmenetz wird als Niedrigtemperatur-Zweileitersystem ausgelegt. Eine Anpassung der Vor- und Rücklauftemperatur kann dann je nach witterungsbedingten Anforderungen erfolgen. In das Wärmenetz werden Wärmepumpen, Geothermie- und Solarthermieanlagen eingebunden und entstehende Abwärme soll genutzt werden. Das LowEx-Kältenetz soll mit minimalen Vor- und Rücklauftemperaturen von 12 °C/18 °C betrieben werden. Das entstehende Stromnetz soll im Kerngebiet ringförmig angelegt werden. Das Wärme- und Kältenetz soll eingebunden werden um sektorübergreifende Energieflüsse zu ermöglichen. Die dadurch geschaffene Flexibilität ermöglicht die Einbindung innovativer Speichertechnologien, erneuerbarer Energiequellen und die zukünftige Netzerweiterung durch Power-to-X-Technologien.

Die intelligente Steuerung und Vernetzung von Nutzern und Produzenten unterschiedlicher Energieformen erfolgt aus dem Brainergy Hub. Hierbei sollen modernste IKT-Techniken eingesetzt und neue digitale Geschäftsmodelle getestet werden.

Um die Integration der Anlagen und Infrastrukturen zu ermöglichen, bedienen sich integrierte Konzepte unterschiedlicher **Informations- und Kommunikationstechnologien** inklusive Hard- und Software. Zu nennen sind hier beispielsweise intelligente Buchungs-, Last- und Beschaffungsmanagementsysteme. Zur Planung von integrierten Konzepten sind vorgelagerte Prozesse notwendig, in welchen Master- oder Klimaschutzpläne erstellt und alle relevanten Akteure (Kommune, Wirtschaft, Forschung, Bürger) vernetzt werden.

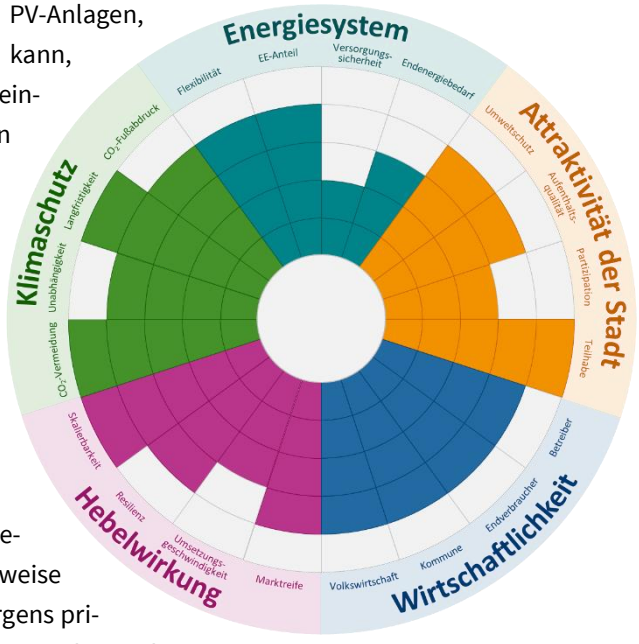
Die folgenden Konzepte stellen eine integrierte Versorgung innerhalb von Gebäuden beziehungsweise Quartierslösungen vor. Weitere integrierte Konzepte werden auch in den Kapiteln „Ansatz: Wärme aus erneuerbaren Energien“ und „Ansatz: Flexibilitäts- und Infrastrukturkopplungs-Technologien“ beschrieben.

**Praxisbeispiel InnovationCity Ruhr I Modellstadt Bottrop**

Im Rahmen von InnovationCity Ruhr wurde Bottrop 2010 als Modellstadt für energetische Sanierungen in industriell geprägten Stadtregionen ernannt. Durch umfangreiche energetische Sanierungsmaßnahmen sollen bis 2020 die gesamten $CO_2$-Emissionen im Pilotgebiet um 50 Prozent gesenkt werden, bei gleichzeitiger Sicherung des Unternehmensstandorts und einer Verbesserung der Lebensqualität. In den ersten Jahren des Projektvorhabens lag der Schwerpunkt vor allem auf der energetischen Gebäudemodernisierung. Hierbei wurden Kohlefeuerungsanlagen, Elektroheizungen und Öleinzelfeuerungen durch moderne Gebäudetechnik ersetzt und die Gebäudehülle energetisch optimiert. Bis 2020 sollen der Wärmebedarf um 70 Prozent gesenkt und die Häuser über das Fernwärmenetz mit hocheffizienter KWK-Wärme versorgt werden. Darüber hinaus wird die Modellregion bis 2020 vollständig mit Ökostrom versorgt sein. Hierfür wurden bereits 25 Prozent der Dachfläche mit PV ausgestattet sowie weitere Maßnahmen zum Ausbau von großen als auch kleinen Windkraftanlagen beschlossen. Weiterhin wurden zur Stabilisierung des Netzes auf unterster Ebene 100 Mikro-KWK-Anlagen mit unterschiedlichen Technologien und Leistungsklassen in den Haushalten installiert. Die mit Gas betriebenen Anlagen sichern den Wärmebedarf und sorgen dafür, dass ein Teil des Strombedarfs selbst gedeckt wird.

Die entwickelten Lösungsansätze sollen bewusst als Blaupausen für industriell geprägte Metropolen und Regionen, die vor der Herausforderung des strukturellen Wandels stehen, genutzt werden. Das InnovationCity Rollout weist eine nachweislich hohe Energieeinsparung und somit ein hohes $CO_2$ Einsparungspotenzial auf. Die 20 Quartierskonzepte basieren auf insgesamt 950 verschiedenen Maßnahmen.

### 2.2.1 Konzept: Integrierte Versorgung (Strom/Wärme/Mobilität) in Einzelgebäuden




Zahlreiche Gebäude eignen sich für die Installation von PV-Anlagen, wodurch dezentral regenerativer Strom erzeugt werden kann, der sowohl selbst verbraucht als auch in das Stromnetz eingespeist werden kann. Unter den aktuellen Bedingungen sinkender Einspeisevergütungen ist es sinnvoll, eine möglichst große Menge des erzeugten Solarstroms direkt im Gebäude zu nutzen. Durch die Kombination einer PV-Anlage mit Batteriespeichersystemen oder dem Batteriespeicher eines Elektrofahrzeugs lässt sich der Eigenverbrauchsanteil wesentlich erhöhen.[29] Das stellt für PV-Anlagenbesitzer eine sinnvolle Möglichkeit dar, ihre Anlage wirtschaftlich zu betreiben, da der Netzbezug reduziert wird, was die Strombezugskosten verringert. Wird ein Batteriespeicher ausschließlich zur Maximierung des Eigenverbrauchs verwendet und mit der Fahrweise des direkten Ladens betrieben, sodass der PV-Strom morgens prioritär eingespeichert wird, können nach Erreichen des maximalen Ladezustandes hohe Einspeisespitzen in das Stromnetz eingehen, die den Peak zur Mittagszeit weiter verschärfen.[30]

[29] Brauner, G., 2019.
[30] Sterner, Eckert, Thema, & Bauer, 2015.

Es ist deshalb wichtig, auf eine netz- und systemdienliche Betriebsweise von Batteriespeichern zu achten, sodass das Potenzial zur Integration erneuerbarer Energien genutzt werden kann. Um dies effektiv und sicher zu ermöglichen, bietet sich eine intelligente Steuerung durch ein Energiemanagementsystem im jeweiligen Gebäude oder einzelnem Haushalt an. Mittels dessen können der Verbrauch der Erzeugung optimal angepasst werden oder unterschiedliche Fahrweisen auch zur Energiekostenoptimierung genutzt werden.[31] Denkbare, steuerbare und somit flexible Einheiten sind hier beispielsweise Elektroautos oder Wärmespeicher. Voraussetzung für solche Anwendungen sind intelligente Messsysteme und Steuerungssysteme. Ein weiterer Vorteil ist auch die dadurch geschaffene Transparenz, die zu einem erzeugungsfreundlichen Verhalten der Verbraucher anregen kann.

**Praxisbeispiel 3E - Mehrfamilienhaus**

Die smarte Verknüpfung von Eigenerzeugung, Eigenverbrauch und Elektromobilität innerhalb von Mehrfamilienhäusern stellt den Kern des 3E-Mehrfamilienhauses dar. Im Rahmen des Modellprojekts wird über Photovoltaikanlagen sowie Mini-Blockheizkraftwerke mit gekoppelten Wärmespeichern, stationären Batteriespeichern und Batterien der E-Fahrzeuge als Puffer der Eigenverbrauchsanteil erhöht (durchschnittlicher Autarkiegrad von 74 Prozent). Die optimierte Nutzung des lokalen Batteriesystems senkt somit die Kosten für die Bewohner und fördert die Etablierung der Elektromobilität durch die Einbindung in den Energiemarkt. Carsharing dient hierbei als Schnittstelle zwischen den Sektoren, wobei die E-Fahrzeuge mit überschüssigem, dezentral erzeugtem Strom geladen werden. Das intelligente Buchungssystem sorgt für eine optimierte Integration der dezentral erzeugten Energie in die bestehende Infrastruktur und substituiert damit fossile Energieträger. Weitere $CO_2$-Vermeidungspotentiale ergeben sich durch den Einsatz von Biomethan, anstelle von Erdgas als Brennstoff für die BHKWs. Wichtige Erkenntnis innerhalb des Projektes stellt die Notwendigkeit einer Weiterentwicklung des Mieterstrommodells dar, um eine Übertragbarkeit auf großflächige Quartiere zu ermöglichen. Zudem hemmen momentan noch der hohe technische und monetäre Aufwand Mieterstromprojekte, sodass eine Vereinfachung und Standardisierung von Zählerkonzepten empfohlen werden. Geleitet wurde das Projekt mit einer Laufzeit vom Anfang 2014 bis Mai 2017 von LichtBlick SE in Zusammenarbeit mit dem Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu).

**Anwendung im urbanen Raum**

Sektorübergreifende integrierte Versorgungskonzepte können primär in Einfamilienhäusern und Doppelhaushälften am Stadtrand umgesetzt werden. Im Stadtzentrum besteht Potenzial zur Umsetzung in Mehrfamilienhäusern. Hier gibt es bereits Modellprojekte (siehe Kasten), jedoch hemmen insbesondere regulatorische Rahmenbedingungen eine flächendeckende Umsetzung.

**Relevante Akteure**

Für EVU bieten sich diverse Möglichkeiten, um Kunden zu unterstützen – von einer Beratung bis hin zu Gesamtsystemen. Gerade auch für kleinere EVU kann ein White-Label-Ansatz geeignet sein, bei dem die eigene Marke und Kundenbindung genutzt wird, um als Vermarkter aufzutreten, während die Leistung im Hintergrund von einem Partner mit entsprechenden Ressourcen und Know-how koordiniert wird.[32] Insbesondere im Neubausegment treten in diesem Markt auch Bauunternehmen und Start-Ups, die Smart-Home-Technologien als integriertes Gesamtkonzept anbieten, auf.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

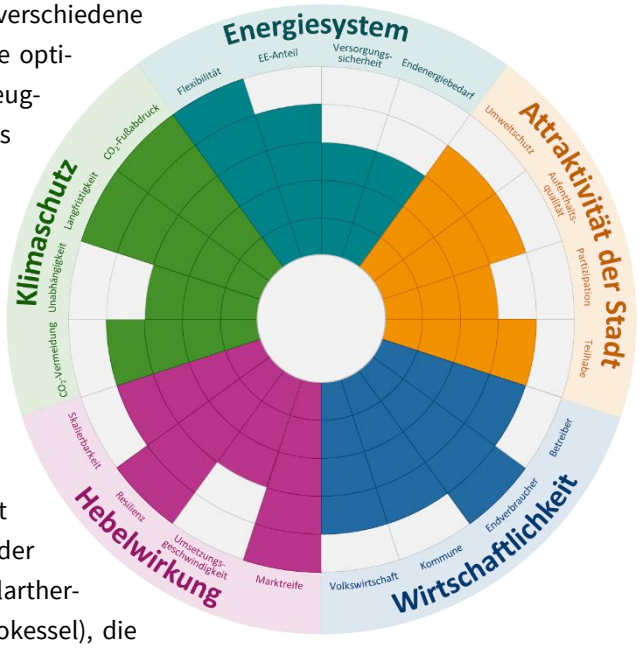
Hohe Investitionsbedarfe hemmen den Einsatz von Speichersystemen. Das Geschäftsmodell erfordert einen rechtlichen Rahmen, der unter anderem Regelungen zur Einspeisung von Strom in das öffentliche Netz sowie zur Energiespeicherung beinhaltet.

[31] Borderstep Institut, 2017, S. 7 f.
[32] Ernst & Young GmbH, 2016.

Zentrales Hemmnis für Smart-Home-Anwendungen ist bei Verbrauchern und Anlagenbetreibern, die nicht durch den verpflichteten Smart Meter Rollout betroffen sind, insbesondere unzureichender (wahrgenommener) **Datenschutz bzw. Datensicherheit**[33]. Durch die Verzögerung beim Smart Meter Rollout fehlt es grundsätzlich an einer Plattform, die den von den Endkunden gewünschten hohen Datenschutz bzw. die Datensicherheit gewährleistet. Zudem fehlt es im Allgemeinen an Wissen der Verbraucher bezüglich sicherer intelligenter Messsysteme. [34]

Die jeweiligen Hersteller oder das BSI bzw. ein Bundesministerium könnten der breiten Öffentlichkeit Informationen über die hohen Datenschutz- als auch Datensicherheitsvoraussetzungen, die einige Anbieter im Bereich der Kommunikationsmodule anbieten als auch die vom BSI zertifizierten Gateways enthalten, verständlich und auf einfachen Zugangswegen zur Verfügung stellen. Denn erst durch Information und Aufklärung kann das Vertrauen und somit die Akzeptanz in die Technik gestärkt und ein Wille zur Partizipation an der urbanen Energiewende verstärkt geweckt werden.

### 2.2.2 Konzept: Integrierte Versorgung (Strom/Wärme/Mobilität) für Quartiere




Im Rahmen von innovativen Quartierslösungen können verschiedene Technologien kombiniert werden, um Effizienzpotenziale optimal zu nutzen. Das Konzept besteht darin, dezentral erzeugten Strom und Wärme weitgehend vor Ort innerhalb des Quartieres zu nutzen und so eine hohe Versorgung aus erneuerbaren Energien im städtischen Raum zu realisieren. Dabei gehen Quartierskonzepte über die reine Stromversorgung, wie beispielsweise bei Mieterstrommodellen, hinaus. Ziel ist ein effizientes Zusammenspiel mit den Sektoren Wärme und Verkehr.

Innerhalb eines **Micro Grid** werden verschiedene Erzeugungs-, Verbrauchs- und Speicherkomponenten verbunden, um Energieerzeugung und -bedarfe möglichst gut aufeinander abzustimmen. Diese Komponenten sind auf der Erzeugungsseite maßgeblich PV-Anlagen sowie BHKW, Solarthermie- und PtH-Anlagen (Luft- oder Wärmepumpe, Elektrokessel), die eine hohe Flexibilität und die Verknüpfung von Strom- und Wärmeversorgung ermöglichen. Auch der Einsatz von Kleinwindanlagen ist denkbar. Durch die Integration von Ladestationen für Elektrofahrzeuge lässt sich der regenerativ erzeugte Strom auch für den Verkehr nutzen. Ein zentrales Element sind auch Speichersysteme, die Strom bzw. Wärme zwischenspeichern und bei Bedarf zur Verfügung stellen können. Dadurch lässt sich der Eigenversorgungsanteil des Quartiers maßgeblich erhöhen und die erneuerbare Stromerzeugung kann gut integriert werden. Da die Wärme- und Batteriespeicher in diesem Fall nicht nur für ein einziges Gebäude ausgelegt werden, lassen sie sich effizienter nutzen und sind auf Grund von Skaleneffekten kostengünstiger als einzelne Hausspeicher.[35]

[33] Dies sind Letztverbraucher mit einem Stromverbrauch von unter 6.000 kW/h und Anlagenbetreiber mit einer installierten Leistung von unter 7 kW, vgl. § 29 MsbG.
[34] Ernst & Young GmbH, 2018, S. 63.
[35] Schnabel & Kreidel, 2018.

Aus Sicht des Energiewirtschaftsrechts handelt es sich bei Micro Grids um sogenannte **Kundenanlagen** nach §§ 3 Nr. 24a und b EnWG, also um ein spezielles Energienetz, das – anders als das Netz der allgemeinen Versorgung nach § 3 Nr. 17 EnWG[36] – nicht den netzbezogenen Regulierungen und insbesondere der Netzentgeltregulierung unterworfen ist.

Die Vorteile eines Quartierskonzepts liegen in einem reduzierten Verteilungsaufwand und einer geringen Inanspruchnahme der öffentlichen Netze. Dies schlägt sich auch in einer günstigen Energieversorgung innerhalb des Quartiers nieder. Weiterhin kann die lokale Integration von volatilem erneuerbarem Strom die allgemeine Netzbelastung vermindern und den Ausbaubedarf reduzieren. Grundvoraussetzung für dieses Konzept ist eine intelligente Vernetzung aller Komponenten in einem Smart Grid, um die energetischen Erzeugungs- und Verbrauchsdaten erfassen und mit Hilfe eines lokalen Energiemanagementsystems steuern zu können.

**Anwendung im urbanen Raum**

In Mehrfamilienhäusern besteht Potenzial zur Umsetzung sektorübergreifender integrierter Versorgungskonzepte. Hier gibt es bereits Modellprojekte, jedoch hemmen insbesondere regulatorische Rahmenbedingungen eine flächendeckende Umsetzung. Darüber hinaus kommen Mischformen aus Wohn- und Gewerbeeinheiten in Betracht, die über Schwarmansätze zu größeren Einheiten vernetzt werden können. Befinden sich in der Nähe Industriebetriebe, kann zudem industrielle Abwärme zur Wärmeversorgung der Quartiere verwendet werden.

Grundsätzlich hat sich aus der Analyse bestehender Modellprojekte die Erkenntnis ergeben, dass sich integrierte Quartierslösungen auf ein klar umrissenes Teilgebiet der Stadt beschränken. Dabei handelt es sich häufig um Konversionsflächen. Durch diese Ausgangssituation bieten sich vorteilhafte Bedingungen, da z.B. neue Infrastrukturen verlegt und Häuser gebaut werden können. Die Umsetzung der Projekte genießt somit Freiräume, die im Rest der Stadt so wahrscheinlich nicht vorliegen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwiefern die Ergebnisse zum Beispiel auf (ältere) Bestandsgebäude übertragen werden können.

**Praxisbeispiel**
**ENaQ – Energetisches Nachbarschaftsquartier**

Forschungsschwerpunkt des Projekts Energetisches Nachbarschaftsquartier der Stadt Oldenburg liegt auf der Entwicklung einer digitalen Service-Plattform für ein intelligentes Last- und Beschaffungsmanagement auf Quartiersebene. Hierfür wird der ehemalige Militärflughafen Fliegerhorst unter Berücksichtigung technischer und sozialer Aspekte ganzheitlich erschlossen. ENaQ kommt hierbei die Rolle als Quartiersaggregator zu, der den dezentral erzeugten Strom aus dem Quartier abkauft und bei Überangebot gewinnbringend an der Strombörse vermarktet. Im Gegensatz dazu kauft ENaQ Strom, zu einer festgelegten Qualität (z.B. Grünstrom), auf einem externen Markt bei Bedarf. Durch die intelligente Vernetzung ergeben sich hohe Einspareffekte, wobei Nachbarschaftsquartiere als Gegenmaßnahme zur Absenkung der Einspeisevergütung für PV-Strom und gegen eine Preiserhöhung des dazugekauften Stroms wirken. Bereits nach einem Jahr erhöhte sich die Eigennutzung des lokal erzeugten PV-Stroms auf 95 Prozent. Durch eine Erweiterung der Energiegenossenschaft und die Einbindung eines Windenergieparks aus dem Umland kommen dem Projekt weitere $CO_2$-Vermeidungspotenziale zu.

ENaQ bietet einen transdisziplinären Ansatz zur Einbeziehung von Bürgern in die Konzeption von Anreizmodellen für die Bildung lokaler Energiegenossenschaften und der daraus abgeleiteten Geschäftsmodelle.

Das Projekt mit einer Laufzeit von 2018 bis 2022 wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit 18 Mio. Euro gefördert sowie über das Förderprogramm "Energieeffiziente Stadt" mit weiteren 8,4 Mio. Euro unterstützt.

[36] Bzw. dem geschlossenen Verteilnetz nach § 110 EnWG.

**Relevante Akteure**

Die klassischen Rollen von Produzenten und Verbrauchern werden bei der dezentralen Energieversorgung im Quartier aufgebrochen. Verbraucher, die gleichzeitig auch selbst Energie erzeugen, beispielsweise durch ihre PV-Anlage, werden als **Prosumer** bezeichnet. In der RED II und in der Elektrizitätsbinnenmarktrichtlinie (EBM-RL) [37] wurden mit der Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaft und den Bürgerenergiegemeinschaften zwei neue Akteure geschaffen.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Regulatorische Rahmenbedingungen erschweren die Entwicklung von Energieträger- bzw. Infrastruktur-überspannenden Geschäftsmodellen. So ist der Quartiersbegriff derzeit energierechtlich nicht eindeutig definiert, sodass Quartierskonzepte derzeit meist unter dem energiewirtschaftsrechtlichen **Begriff der Kundenanlage** im Sinne des § 3 Nr. 24a EnWG betrachtet werden. Allerdings ist die behördliche und gerichtliche Entscheidungspraxis nicht eindeutig und daher für Projektverantwortliche und Investoren risikobehaftet.

Der Bundesgesetzgeber sollte die unbestimmten Rechtsbegriffe „auf einem räumlich zusammengehörenden Betriebsgebiet“ und „für die Sicherstellung eines wirksamen und unverfälschten Wettbewerbs […] unbedeutend ist“ klar definieren, sodass sie keiner Auslegung durch BNetzA und Rechtsprechung bedürfen. Dabei sollte einerseits geklärt werden, unter welchen Voraussetzungen ein räumlicher Zusammenhang festgestellt werden kann, z.B. als einheitlich wahrnehmbares Gebiet mit funktionalem Zusammenhang. Andererseits sollte geklärt werden, wann eine Kundenanlage als unbedeutend für den Wettbewerb eingestuft werden kann. Die absolute Anzahl angeschlossener Letztverbraucher sollte dabei als Kriterium gestrichen werden. Im Fokus sollte die individuelle Situation vor Ort stehen. Denn der im EnWG angesprochene unverfälschte Wettbewerb dient nicht dem Schutz des Wettbewerbs um Netze. Der Wettbewerb um Netze findet durch die regelmäßigen Vergabeverfahren im Sinne von § 46 EnWG statt.

Letztverbraucher von unter 6.000 kW/h sowie Anlagenbetreiber mit einer installierten Leistung von unter 7 kW sind nach § 29 MsbG nicht von der Verpflichtung zum Einbau intelligenter Messsysteme betroffen. Jene Anlagenbetreiber können daher alternative Kommunikationsmodule installieren bzw. Letztverbraucher generell auf den Einbau verzichten. Da bei Verbrauchern große Bedenken bezüglich des **Datenschutzes und der Datensicherheit** festzustellen sind bzw. grundlegendes Wissen zu intelligenten und sicheren Messsystemen

**Praxisbeispiel The Urban Tech Republic**

Auf dem 495 ha großen Areal des Flughafen Berlin-Tegel wird nach Einstellung des Luftverkehrs ein Forschungs- und Energiepark für urbane Technologien entstehen: Berlin TXL – The Urban Tech Republic. Mit dem europaweit einzigartigen Forschungsvorhaben soll die deutsche Hauptstadt Vorreiter auf dem internationalen Markt urbaner Zukunftstechnologien werden. Dabei entsteht auf dem ehemaligen Flughafengelände neuer Raum für bis zu 1.000 Unternehmen und ein Technologiepark für mehr als 5.000 Studierende.

EDF hat in Kollaboration mit EIFER, der TU Berlin sowie Drees&Sommer für die Tegel Projekt GmbH einen innovativen Ansatz zur Vernetzung der energetischen und städtebaulichen Planungen für den Standort im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelt. Ein räumliches Energiesystemmodell wurde zur Bewertung von der Verschränkung von Technologien und Nutzungen sowie von Planungsszenarien entwickelt. Im Mittelpunkt steht die Integration der Strom-, Wärme- und Kälteversorgung und –erzeugung auf dem Areal. Die Visualisierung der Simulationsergebnisse unterstützte die Kommunikation und den Austausch mit einer Vielzahl von Akteuren zu den Anpassungen der Entwicklungsstrategie. Um diesen Austausch zu ermöglichen, basierten die Workshops auf Design Thinking und agilen Methoden.

[37] Richtlinie 2009/72/EG (Elektrizitätsbinnenmarktrichtlinie - EBM-RL) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juli 2009 über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Aufhebung der Richtlinie 2003/54/EG (Text von Bedeutung für den EWR).

fehlt[38], wird auf einen freiwilligen Einbau jedoch häufig verzichtet. Insgesamt kann die Bereitschaft zur Unterstützung der urbanen Energiewende gestärkt werden, wenn Verbraucher über technisch sichere Partizipationsmöglichkeiten aufgeklärt sind und entsprechende Wahlmöglichkeiten an die Hand bekommen.

Die bestehenden Wissenslücken sollten durch Information und Aufklärung durch die Hersteller/Anbieter als auch beispielsweise durch das BSI oder ein Bundesministerium geschlossen werden. Hierbei sollten die Befürchtungen der Verbraucher ernst genommen werden und auf die Vermittlung hoher Datenschutz- und Datensicherheitsstandards fokussiert werden, um Vertrauen in die Technik aufzubauen.

Es besteht eine **fehlende Interoperabilität** zwischen Geräten verschiedener Hersteller. Dies steht einem einfachen, problemfreien Betrieb eines Smart Grids mit intelligenten Messsystemen und steuerbaren Erzeugungsanlagen sowie Verbrauchseinrichtungen entgegen.[39] Der Diskurs zur Interoperabilität von Geräten ist breit und häufig konfliktbehaftet. Hier sind insbesondere die Gerätehersteller gefragt, um auch ohne gesetzliche Vorschriften zur Standardisierung die technische Interoperabilität zu erreichen. Dies kann beispielsweise durch die Entwicklung einer als Gateway zwischen verschiedenen Geräten vermittelnde Komponente durch ein Konsortium wie der EEBUS-Initiative e.V. erfolgen. Diese Komponente dient „eine[r] herstellerunabhängige[n] Kommunikation zwischen smarten Energieverbrauchern, regenerativen Erzeugungsanlagen, Energiemanagern und dem Smart Grid.“[40] Zudem bietet das VDE-Institut für Hersteller als auch für Verbraucher die Interoperabilitätsprüfung und -zertifizierung an.[41]

## 2.3 Ansatz: Flexibilitätsmärkte

Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien steigt der Anteil der angebotsabhängigen, volatilen Stromeinspeisung deutlich. Dies erhöht die Herausforderung, jederzeit Versorgungssicherheit zu gewährleisten und zudem die Systemkosten so gering wie möglich zu halten. Um dies zu meistern, ist eine **Flexibilisierung** von Angebot und Nachfrage notwendig. Die nötige Flexibilität kann durch Kraftwerke im Rahmen des Erzeugungsmanagements bereitgestellt werden, die auf die aktuelle Einspeisesituation reagieren und entsprechend ihre aktuelle Erzeugungsleistung anpassen, also schneller hoch- und herunterfahren. Zukünftig muss jedoch verstärkt insbesondere die Nachfrage auf das Erzeugungsangebot reagieren. Dabei kann die Nachfrageseite mithilfe von Lastmanagement flexibilisiert werden, durch das der Verbrauch bevorzugt zu Zeiten hoher Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien stattfindet und andererseits bei geringer Einspeisung die Last reduziert wird. Diese Anpassung der Verbrauchsseite an die Energieerzeugung kann zum Beispiel durch Preissignale am Strommarkt ausgelöst werden.

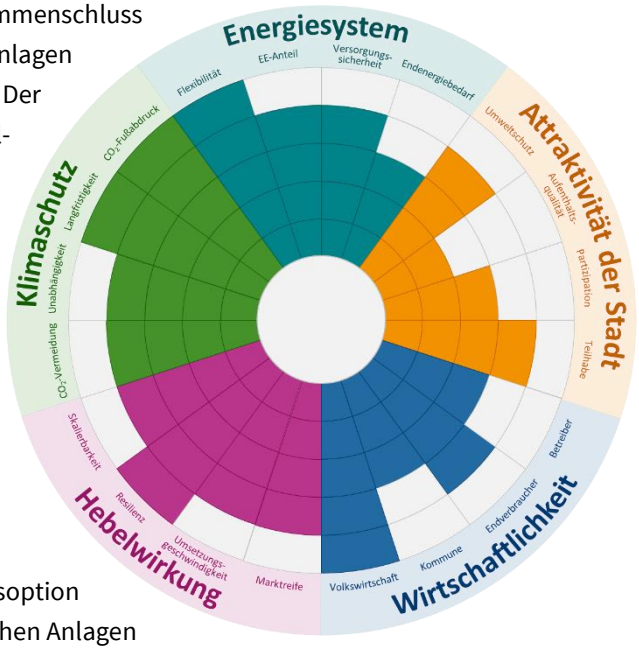
**Praxisbeispiel ENKO**

Mithilfe der Plattform werden Energieflüsse intelligent gesteuert, um in Zeiten hoher Grünstromeinspeisung Netzengpässe durch lokale Flexibilitäten zu vermeiden. ENKO ermöglicht eine Koordinierung zwischen den Akteuren, damit diese mithilfe der bereitgestellten Informationen über Flexibilitätsbedarfe und -angebote zusammenfinden und ihre Dienste netzdienlich und für das Gesamtsystem effizient anbieten können. Die Teilnahme an der digitalen Koordinationsplattform ist für die Flexibilitätsanbieter freiwillig, bietet jedoch die Möglichkeit, das eigene Lastpotenzial zu einem selbst definierten Preis anzubieten.

Durch die bessere Integrierbarkeit von regionalem Grünstrom in das Energiesystem werden die $CO_2$-Emissionen und gleichzeitig durch erleichtertes Einspeisemanagement auch die Kosten gesenkt.

[38] Ernst & Young GmbH, 2018, S. 63.
[39] Ebd. S. 47, 58.
[40] EEBus Initiative e.V., 2019.
[41] VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH, 2019.

### 2.3.1 Konzept: Virtuelle Kraftwerke (Anlagenpooling)




Unter einem virtuellen Kraftwerk versteht man den Zusammenschluss mehrerer Stromerzeugungs-, Speicher- oder Verbrauchsanlagen über eine zentrale Steuerung zu einer virtuellen Einheit. Der technische Zusammenschluss dieser dezentralen Einzelanlagen erfolgt durch den Einsatz zentraler digitaler Steuerung und der dazugehörigen notwendigen technischen Infrastruktur.[42] Dies ermöglicht die Aggregation einer Vielzahl von dezentralen erneuerbaren Energieanlagen, mit dem Ziel einer gemeinsamen und damit optimierten Vermarktung von Strom und Flexibilität. Vor allem Betreiber von Anlagen mit geringeren Kapazitäten profitieren von einem Anlagenpooling, da ihnen allein beispielsweise eine Teilnahme am Regelleistungsmarkt nicht möglich wäre.

Virtuelle Leistungsbündelung stellt eine gute Flexibilitätsoption dar, da sie die Stärken und Schwächen der unterschiedlichen Anlagen so kombinieren kann, dass eine schnelle Anpassung an die im Netz vorhandene Strommenge erfolgen und vielfältige Energieprodukte vermarktet werden können. Anlagenpooling kommt im Energiebereich bereits für bestimmte Anwendungsfälle (insbesondere Regelleistung, Vermarktung Abschaltbarer Lasten) zum Einsatz. Pooling kann in Form von Schwärmen erfolgen, dabei wird eine Vielzahl gleichartiger Anlagen zu einem Pool zusammengefasst. Alternativ lässt sich ein Pool diversifiziert aufstellen, indem unterschiedliche Erzeugungsanlagen (z. B. Solar, Wind, Biogas, BHKWs) mit verschiedenen Verbrauchsanlagen und Speicherarten verknüpft werden. Aktuell wird Pooling vor allem bei größeren Erzeugern und Verbrauchern eingesetzt, da es eine aufwendige, sichere Anbindung erfordert. Neue Anbieter und Geschäftsmodelle ermögliche es, dass Pooling auch für kleinere Anlagen nutzbar wird. Dadurch hat Pooling das Potenzial für ein deutliches Wachstum.

**Anwendung im urbanen Raum**

Ein Pool von dezentralen Stromerzeugungsanlagen, verschiebbaren Lasten und Speichern kann aus einer variierenden Anzahl verschiedener Anlagentypen bestehen und unterschiedlich räumlich verteilt sein. Ein Zusammenschluss mehrerer Einfamilienhäuser am Stadtrand kommt genauso in Betracht wie Mehrfamilienhäuser in Ballungsgebieten. Auch Gewerbe- und Industriegebiete und Mischformen aus Gewerbe-, Industrie- und Wohngebieten können zu einem virtuellen Kraftwerk zusammengeschaltet werden. Voraussetzung ist die Ausstattung mit Erzeugungs- und Speicheranlagen sowie eine digitale Vernetzung dieser Einheiten. Mehrere Siedlungen oder Quartiere können über Schwarmkonzepte zu größeren Einheiten vernetzt werden. Gerade der städtische Raum ist von einem engen Nebeneinander kleinteiliger Erzeuger und Verbraucher geprägt, die sich im nachbarschaftlichen Quartiersgefüge für eine Bündelung zu größeren Leistungseinheiten eignen.[43]

[42] Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2018a.
[43] Dürr & Heyner, 2017.

**Relevante Akteure**

Sowohl **private als auch gewerbliche Betreiber** von Stromerzeugungs-, Verbrauchs- und Speichereinrichtungen können als Prosumer an virtuellen Kraftwerken partizipieren, sofern die notwendigen Infrastrukturen für den Daten- und Energietransport vorhanden sind. Als Anbieter der virtuellen Plattformen, die für die Steuerung des Anlagenpools verantwortlich sind, kommen neben etablierten Akteuren der Energiewirtschaft (EVU etc.) auch neue Marktteilnehmer mit spezifischem digitalem Know-how in Frage.[44]

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Es bestehen hohe Anforderungen an Hard- und Software, um die große Zahl sehr heterogener Erzeugungs-, Speicher- und Verbrauchseinheiten virtuell zu einem integrierten System zu koppeln, zu koordinieren und zu steuern. Hierbei bedarf es noch weitreichender Forschung und **ausdifferenzierter Hard- und Software**, um die steigende Komplexität und Individualität des jeweiligen Systems erfassen, darstellen und steuern zu können.

Aufgrund relativ geringer Preisunterschiede auf dem Strommarkt und geringer Erlösmöglichkeiten auf Regelleistungsmärkten gibt es nur **geringe wirtschaftliche Anreize** zum Aufbau der zur Erreichung marktgängiger Kapazitäts- bzw. Leistungsgrößen notwendigen Anlagenpools. Zudem ist der Einbau intelligenter Mess- und Steuerungssysteme kostenintensiv, weswegen er sich insbesondere für kleine Anlagen häufig nicht auszahlt.

Für Anlagen mit einer Nennleistung von bis zu 2 MW sind nach § 9 Abs. 1 Nr. 3 Stromsteuergesetz (StromStG) [45] Stromsteuerbefreiungen möglich. Virtuelle Kraftwerke können allerdings nach § 12 b Abs. 2 StromStV als „einheitliche Erzeugungsanlage“ gelten, wodurch die Befreiung von der Stromsteuer entfallen würde. Durch eine Erhöhung der maximalen Anlagenleistung könnten daher weitere Anreize für virtuelle Kraftwerke mit großer Anlagenleistung geschaffen werden.

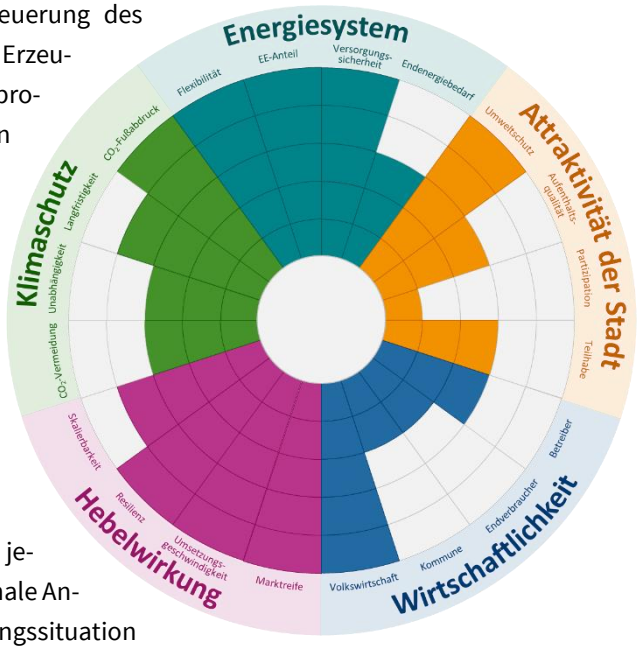
**Praxisbeispiel PolyEnergyNet**

Im Fokus von PolyEnergyNet im Rahmen der BMWi-Forschungsinitiative „Zukunftsfähige Stromnetze“ steht unter Führung der Stadtwerke Saarlouis die Entwicklung und der exemplarische Aufbau resilienter Ortsnetze. Besonderheit hierbei ist die dynamische Bildung autonomer Teilnetze (sogenannte „Holone“) in Abhängigkeit der Versorgungssituation als Alternative zum statischen zellularen Ansatz. Die Verknüpfung dieser dynamischen Micro Grids zu einem spartenübergreifenden Polynetz ermöglicht einen sicheren und robusten Netzbetrieb bei zunehmender volatiler Einspeisung erneuerbarer Energien und höheren Netzlasten durch beispielsweise Ladeinfrastruktur. Zudem wird die Resilienz beispielsweise bei Cyberattacken erhöht. Durch die intelligente Verknüpfung auf unterster Netzebene werden Verluste und Netzüberlastungen auf höherer Spannungsebene vermieden. Die netzgetriebene Bildung solcher Teilnetze stellt somit eine Alternative zum konventionellen Netzausbau dar.

In Saarlouis wurden Einfamilien- und Mehrparteienhäuser als auch Gewerbegebäude mit intelligenten Messsystemen ausgestattet und die Stromerzeugung durch PV-Anlagen sowie Verbrauchsanlagen manuell durch die Stadtwerke Saarlouis gesteuert. Der Feldtest verdeutlicht, dass die regulatorischen Rahmenbedingungen noch nicht ausreichend sind. So werden Investitionen in Flexibilitätsmaßnahmen aktuell noch unzureichend anerkannt und es bestehen kaum Möglichkeiten, diese wirtschaftlich zu erbringen. Zudem wurde festgestellt, dass auf Niederspannungsebene sehr wenig Sensorik vorhanden ist, welche zur Prüfung des Netzzustandes notwendig ist. Zusätzlich stellt der zum Teil unzureichende Ausbau der Kommunikationsnetze in ländlichen Gebieten eine Barriere zur Anwendung intelligenter Messsystemen dar. Das mit rund 4 Mio. Euro geförderte Projekt wurde 2017 abgeschlossen.

[44] Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2017.
[45] Stromsteuergesetz vom 24. März 1999 (BGBl. I S. 378; 2000 I S. 147), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 27. August 2017 (BGBl. I S. 3299; 2018 I 126) geändert worden ist.

### 2.3.2 Konzept: Demand Side Management




Unter Demand Side Management (DSM) wird eine Steuerung des Stromverbrauchs verstanden, die der Anpassung an die Erzeugungssituation dienen kann. Mit einer steigenden Stromproduktion aus erneuerbaren Energien, auch in den Städten und ihrem Umland, steigt die Notwendigkeit, auch die Verbrauchsseite zu flexibilisieren, sodass Schwankungen in der erneuerbaren Stromerzeugung ausgeglichen werden können. Besonders im urbanen Raum als Energiesenke ist es relevant, auch die Nachfrageseite zu betrachten. Die kurzzeitige Reduktion der Last zu Zeiten besonders hoher Stromnachfrage zur Vermeidung von Netzengpässen, sogenanntes „Peak Shaving“, ist ein Mittel zur Flexibilisierung.

Um diese Flexibilitätsoption nutzbar zu machen, wären jedoch variable Strompreise notwendig, um durch Preissignale Anreize zu schaffen, den Verbrauch an die aktuelle Erzeugungssituation anzupassen. Dafür existieren verschiedene Ausprägungen an zeit- und lastvariablen Tarifen. Besonders geeignet zeigen sich dynamische variable Tarife wie die Echtzeitbepreisung oder stündlich variable Tarife.[46]

**Anwendung im urbanen Raum**

Unter der Voraussetzung, dass eine entsprechende digitale Infrastruktur vorhanden ist, wären jegliche Stromverbraucher potenzielle Adressaten für eine Laststeuerung zur Bereitstellung von Flexibilität. In der energieintensiven **Industrie** ist das Lastmanagement bereits eine etablierte Methode, um Stromkosten einzusparen. Dies kann durch eine Verschiebung von Produktionsprozessen und die Nutzung von Speichermöglichkeiten erfolgen. Auch für Verbraucher aus dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (**GHD**) ist die Anpassung des Strombezugs an die Erzeugung möglich, indem steuerbare Verbraucher auf entsprechende Preissignale reagieren.[47] Der flexible Stromverbrauch im Sektor GHD basiert auf einem prozessbedingten Intervallbetrieb (beispielsweise Beleuchtung) oder einem thermischen Speicher (Klimatisierung, Kühlhäuser).[48] Das Konzept der Laststeuerung kann ähnlich auch in **Haushalten** angewendet werden, mit dem Unterschied, dass die steuerbaren Verbrauchslasten deutlich geringere Leistungen aufweisen. Um Lastverlagerungen zu ermöglichen, ist daher eine intelligente Vernetzung einer Großzahl an steuerbaren Geräten notwendig (beispielsweise Schwarmschaltung mehrerer Wärmepumpen). Da dies sehr kostenintensiv ist, wird die Laststeuerung in Haushalten von einigen Experten kritisch bewertet.[49] Mit einer automatisierten Steuerung von Haushaltsgeräten mittels IKT-Infrastruktur (Informations- und Kommunikationstechnik) würde allerdings auch der Haushaltssektor ein durchaus signifikantes Lastverschiebungspotenzial bieten, vor allem in den Bereichen Heizen und Warmwasser.[50]

[46] Agentur für Erneuerbare Energien, 2018.
[47] Ebd.
[48] Energynautics GmbH; Öko-Institut e.V. & Bird&Bird LLP, 2014.
[49] Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik/Energy Brainpool GmbH & Co. KG, 2015.
[50] Agentur für Erneuerbare Energien, 2018.

Auch **Elektromobilität** kann als Flexibilitätsoption im Kontext des Lastmanagements betrachtet werden. Dabei werden die Batterien in Standphasen durch intelligentes Lademanagement zur Glättung lokaler Bedarfs- und Erzeugungsspitzen eingesetzt. Auch hier ist eine Vernetzung mehrerer Einheiten zu einem Fahrzeugpool sinnvoll, um eine signifikante Flexibilität bereitzustellen.[51] Dafür ist der städtische Raum durch eine hohe Dichte an Elektrofahrzeugen besonders geeignet.

**Relevante Akteure**

Typischerweise wird DSM im Zusammenwirken von Verbrauchern, Lieferanten oder Aggregatoren betrieben.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Um die Umsetzung variabler Tarife für Haushalte zu ermöglichen fehlt die Ausstattung mit intelligenten Messsystemen.[52] Bislang wurde erst ein Smart Meter Gateway zertifiziert,[53] es fehlt somit an Kommunikationsplattformen, die den hohen Ansprüchen des GDEW im Bereich Datenschutz und Datensicherheit entsprechen. Auch aus wirtschaftlicher Sicht ist DSM in Haushalten herausfordernd, da die notwendige Ausstattung mit intelligenten Mess- und Regelsystemen mit großem Aufwand verbunden ist, während das Potenzial der Lastverschiebung und damit auch der potenziellen Einsparungen aus den individuellen Einheiten relativ gering ist.[54]

Auch für GHD und Industrie ist die fehlende Kosteneffizienz ein Problem für die Implementierung von DSM in vielen Anwendungsbereichen. Grundsätzlich sind die Preisunterschiede zwischen den einzelnen Stunden auf dem Strommarkt zu gering, um einen ausreichenden Anreiz zur Lastverlagerung zu bieten.[55] Der Gesetzgeber und die Wirtschaft sind gefragt, wenn es darum geht, dass die technischen als auch die für den Verbraucher wirtschaftlichen Voraussetzungen für die Teilnahme am Demand Side Management geschaffen werden.

**Praxisbeispiel Die Stadt als Speicher**

Fokus des 2018 abgeschlossenen Feldversuchs in der Modellstadt Herten ist die zentrale Koordinierung von virtuellen Energiespeichern und damit die Nutzung von Flexibilitätsoptionen. Hierbei werden BHKWs, Photovoltaikanlagen, Elektrospeicherheizungen, Wärmepumpen und Stromspeicher in ein zentrales Managementsystem integriert. Unter Berücksichtigung der Anlagenmerkmale, des Netzzustands sowie externer Marktanreize wird das Betriebsverhalten wirtschaftlich optimiert. Durch die Kopplung der Sektoren Wärme und Strom kann bestehendes Speicherpotenzial ausgenutzt werden, statt auf teuren Ausbau von Stromspeichern zu setzen. Die Simulation identifiziert die Flexibilitätsoptionen von zeitlich verschiebbaren Stromverbrauchern und -erzeugern und erkennt Speichermöglichkeiten, deren Kapazität bisher noch nicht aktiv genutzt werden.

Die Simulationsberechnungen ergaben ein erschließbares Speicherpotenzial von durchschnittlich 5 MWh. Zusätzlich bestätigen die Simulationen, dass sich weitere $CO_2$-Reduktionspotenziale durch die Integration von Elektrofahrzeugen ergeben. Eine Hochrechnung der Simulationsergebnisse auf ganz Deutschland ergab, dass die Leistung virtueller Speicher zukünftig auch die der heute vorhandenen Pumpspeicherwerke übertreffen kann. Zur Vereinfachung und damit der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Einbindung der Anlagen ist eine einheitliche Kommunikationsschnittstelle der Hersteller notwendig. Grundlage für die Etablierung virtueller Speicher stellt eine Preisvolatilität am Großhandelsmarkt dar, welche einen Anstieg des Flexibilitätswerts zur Folge hat.

Um Anreize für einen flexiblen Verbrauch zu schaffen, könnte die Letztverbraucherabgabensystematik dahingehend reformiert werden, dass ein netz-, markt- und systemdienliches Verhalten von Verbrauchern positiv berücksichtigt wird.

Der Netzentgeltprivilegierungstatbestand für **steuerbare Verbrauchseinrichtungen** nach § 14a EnWG birgt Potenziale für Flexibilitätsteilnehmer. Der Verteilnetzbetreiber kann eine Verbrauchseinrichtung (vorgesehen

[51] Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme/LichtBlick SE/SMA Solar Technology AG/Volkswagen AG, 2015.
[52] Deutscher Bundestag, 2016, S. 1, 72.
[53] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2019b.
[54] Agentur für Erneuerbare Energien, 2018, S. 18 ff.
[55] Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik/Energy Brainpool GmbH & Co. KG, 2015.

sind explizit Elektromobile) zum Beispiel bei Überschussstrom ansteuern und dadurch einem Netzengpass zuvorkommen. Im Gegenzug erhält der Anlagenbetreiber ein reduziertes Netzentgelt. Allerdings ist die Verordnung auf den Bereich der Niederspannung beschränkt, was das Potenzial von gewerblichen Verbrauchsanlagen zum Beispiel auf Mittelspannungsebene außer Acht lässt. Um weitere Potenziale für Flexibilitätsnehmer zu erschließen, sollte dieser Netzentgeltsprivilegierungstatbestand auch die Mittelspannungsebene erfassen. Dazu ist eine Änderung von § 14a EnWG durch den Bundesgesetzgeber erforderlich.

Zudem kann die Flexibilisierung des Verbrauchs insbesondere bei Industriekunden dazu führen, dass gewährte Privilegien hinsichtlich der Letztverbraucherabgaben zum Beispiel nach § 19 Abs. 2 Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV) verloren gehen – hier sollte eine mögliche Erweiterung geprüft werden.[56]

## 2.4 Ansatz: Flexibilitäts- und Infrastrukturkopplungs-Technologien

Eine weitere Möglichkeit, mit der Diskrepanz zwischen Energieerzeugung und -verbrauch und gleichzeitig der Knappheit an erneuerbaren Energien im urbanen Raum umzugehen, ist der Einsatz von Flexibilitäts- und Infrastrukturkopplungs-Technologien im Energiesystem. Mit Speicher- und Umwandlungstechnologien in Kombination mit anderen Infrastrukturen können Energieangebot und -nachfrage sowohl zeitlich als auch räumlich verschoben werden. Zudem wird mit der Nutzung von Sektor- und Infrastrukturkopplung das Potenzial erneuerbarer Energien im urbanen Räumen erhöht.

Während in dem zuvor beschriebenen Ansatz der Fokus auf der Änderung des Verhaltens von Marktteilnehmern durch Reaktion auf Preissignale liegt, werden in diesem Ansatz Technologien beschrieben, die Flexibilität durch Energiespeicherung, -umwandlung oder einer flexiblen Betriebsführung ermöglichen.

Zur Ermittlung des **Integrationspotenzials und der Flexibilität urbaner Energieinfrastruktur** werden die in 1.2.1 dargestellten Szenarien zu Grunde gelegt. Diese unterscheiden sich bezüglich der Verfügbarkeit von klimafreundlichen Energiepotenzialen. Dies führt zu unterschiedlich koordinierten Fahrweisen der Wärme- und Stromerzeugungsanlagen. Ziel einer zukünftigen klimaneutralen, urbanen Energieinfrastruktur ist es immer den größtmöglichen Anteil an $CO_2$ freien Energiepotenzialen für Wärme und Strom zu nutzen und fossil erzeugte Wärme und Strom zu ersetzen. Dies erhöht die Herausforderung, die Versorgungssicherheit jederzeit zu gewährleisten und zudem die Systemkosten so gering wie möglich zu halten. Um dies zu meistern, sind ergänzend zur Flexibilisierung von Angebot und Nachfrage (vgl. Ansatz Flexibilitätsmärkte) **Technologien, die Flexibilität bereitstellen**, notwendig. Die nötige Flexibilität kann zum einen durch Kraftwerke im Rahmen des Erzeugungsmanagements bereitgestellt werden, die auf die aktuelle Einspeisesituation reagieren und ihre Leistung entsprechend anpassen. Weiterhin kann die Flexibilität auch durch Speicher- und weitere Umwandlungstechnologien bereitgestellt werden.

Die folgenden Unterkapitel stellen Konzepte für die intelligente Nutzung von KWK, Nutzen von EE-Strom aus dem Umland durch ‚Nutzen statt Abregeln', Batteriespeicher als Kurzspeicher, PtG als Langzeitspeicher und Umwandlungstechnologien vor.

[56] Stromnetzentgeltverordnung vom 25. Juli 2005 (BGBl. I S. 2225), die zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

### 2.4.1 Konzept: Intelligente Nutzung von KWK

In der KWK-Anlage wird gleichzeitig Strom und nutzbare Wärme erzeugt, was die Technologie hocheffizient macht. Sie bildet damit eine Schnittstelle zwischen den Energieinfrastrukturen von Strom, Wärme und Gas und kann so zur Flexibilisierung des Energiesystems beitragen. Gerade im urbanen Raum mit vielen Nutzern, die unterschiedliche Energienachfrageprofile sowie vorhandene Wärmenetze aufweisen, bietet diese Schnittstellentechnologie eine Möglichkeit zur Koordinierung von Energienachfrage und -verbrauch sowie verschiedene Energieträger.[57] Die Betriebsführung von KWK-Anlagen kann entweder am Strom- oder am Wärmebedarf ausgerichtet werden. Während bei einer wärmegeführten Betriebsweise keine systemdienliche Stromproduktion erfolgt, können stromgeführte KWK-Anlagen unmittelbar eine geeignete Maßnahme zur Begünstigung der Integration erneuerbarer Energien darstellen.[58]

Durch die Kombination mit Wärmespeichern bzw. einem Anschluss an das Wärmenetz können auch wärmegeführte KWK-Anlagen sehr flexibel eingesetzt werden und eine gute Ergänzung zur fluktuierenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bilden. Darüber hinaus kann ein Beitrag der Flexibilisierung von KWK-Anlagen durch den Einsatz von PtH erreicht werden. Somit dienen KWK-Anlagen nicht nur der effizienten Produktion von Strom und Wärme, sondern auch als Reservekapazität für eine sichere Stromversorgung. Durch die verstärkte Nutzung von Gasen, wie beispielsweise Biogas (und langfristig Gas aus Power-to-X-Anlagen), kann die Energieversorgung mit KWK-Anlagen und BHKWs umweltfreundlicher gestaltet werden.[59] Weiterhin bietet die Nutzung gasförmiger Brennstoffe den Vorteil, dass existierende Infrastrukturen weiter genutzt werden. Durch den Einsatz von erdgasbetrieben KWK-Anlagen als Alternative zu im Betrieb befindlichen kohlebasierten KWK-Anlagen können weiterhin schnell und effizient $CO_2$-Emissionen eingespart werden.

KWK-Anlagen leisten einen umso höheren Beitrag für die urbane Energiewende, desto intelligenter sie in lokale Wärmenetze eingebunden werden. Damit die Anlagen flexibel auf Zeiten mit einem hohen Dargebot aus regenerativen Energiequellen reagieren können, werden in Fernwärmenetze zunehmend Abwärme und Erneuerbare Energien (Solarthemie, Wärmepumpen) eingebunden. Gleichzeitig erhöhen Wärmespeicher Flexibilitätsoptionen in Zeiten, in denen der Strombedarf die Wärmenachfrage übersteigt. So leisten KWK-Anlagen einen Beitrag dazu, die Wetterabhängigkeit regenerativer Erzeugungsanlagen auszugleichen.

[57] Schubert & Härdtlein, 2016.
[58] Gils, et al., 2016.
[59] EnergieAgentur.NRW, 2016.

**Relevante Akteure**

KWK-Anlagenbetreiber, Wärmenetz- und Wärmespeicherbetreiber, Stromlieferanten.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Die dynamische Steuerung der KWK-Anlagen in Abhängigkeit der Stromnetz-Situation oder/und des aktuellen Wärmebedarfs bedarf **hoher Investitione**n sowie teilweise erheblicher Installationskosten. Sowohl auf Bundes- als auch Landesebene könnten dabei durch eine Vereinfachung der Fördermechanismen und eine Vereinheitlichung von Förderprogrammen Investitionsanreize gesetzt werden. Zur Erreichung der gesetzlich festgelegten Ziele zum Anteil erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung, könnten eine Förderung bis zur Marktetablierung nicht nur der Investitions-, sondern auch der Betriebskosten – geknüpft an den Einsatz erneuerbarer Energieträger – notwendig sein.

Es besteht weiterhin **Investitionsunsicherheit** durch sich ändernde regulatorische Rahmenbedingungen, beispielsweise bei der Förderung.[60] Nur auf Grundlage eines soliden und möglichst langfristigen Rechtsrahmens können Investitionen getätigt werden und sich Märkte weiterentwickeln. Vor allem der Bund ist bei der zügigen Umsetzung von Europarecht in Nationales Recht gefragt, aber auch bei der Anpassung bereits vorhandener Regelwerke an die Herausforderungen der Energie- und Wärmewende, um Rechts- und Planungssicherheit zu schaffen und dadurch Investitionen anzureizen.

Es fehlen Anreize für den stromseitigen flexiblen Einsatz, da Eigenverbrauchsoptimierung in Gebäuden oder Industrie lohnender ist. Es bedarf einer unflexiblen Fahrweise im wirtschaftlichen Betrieb, um den KWK-Anteil nach § 18 KWKG für die Wärmenetzförderung zu erreichen.[61] Der flexible Einsatz von KWK-Anlagen muss zudem wirtschaftlich lohnender ausgestaltet werden. Der Bund kann zu diesem Zweck beispielsweise Privilegien bei Netzentgelten schaffen oder marktwirtschaftliche Anreize setzen, indem der die Möglichkeit schafft, Flexibilität auf Plattformen zu vermarkten.

**Praxisbeispiel Quartier Prenzlauer Berg**

Der Fokus dieses Modells liegt auf der dezentralen Erzeugung und Analyse der Potenziale von energetisch intelligent gesteuerten Wohnquartieren zur Integration von erneuerbaren Energien und der Stabilität des Verteilnetzes. Hierfür wird beispielhaft bei einem ehemaligen DDR-Plattenbau aus der Nachkriegszeit durch eine einfache Renovierung (Fassadendämmung, Einsatz neuer Fenster) und Installation einer intelligenten Gebäudeautomatisierungstechnik der Standard eines Niedrigenergiehauses erreicht. Die Wärmeversorgung erfolgt über ein Wärmeverteilnetz innerhalb des Quartiers, wobei neben eines wärmegeführten BHKWs für die Deckung des Grundbedarfs, ein Gas-Spitzenlastkessel sowie ein thermischer Gebäudespeicher eingebunden sind.

Intention ist eine Einspeisung von dezentral erzeugtem Strom in Zeiten von wenig erneuerbaren Energien im Netz, während in Zeiten von netzseitig hohen Mengen Windenergie Power-to-Heat-Anlagen und Wärmespeicher als Flexibilitätsoption greifen. Der Fokus liegt somit auf einer netzdienlichen Fahrweise von Wohnquartieren. Aufgrund der geringen Leistung ist eine Teilnahme am Regelenergiemarkt im Moment noch nicht möglich. Nachweislich konnte der Wärmebedarf um rund 24 Prozent durch den Einsatz der Smart-Building Technologie sowie eine Verbrauchsvisualisierung für Bewohner gesenkt werden. Aufgrund fehlender Möglichkeiten der Umlage der Investitionskosten auf den Mieter ist im Moment keine PV-Stromerzeugungsanlage installiert, wäre potentiell jedoch integrierbar. Langfristig kommt auch dem Sektor Mobilität zur Erschließung des Pufferpotenzials zu.

Neue Mechanismen zur Refinanzierung, sowie die Aufhebung rechtlicher Hemmnisse sind somit notwendig, um das sogenannte Investor-Nutzer bzw. Mieter-Vermieter-Dilemma zu überwinden.

[60] Schubert & Härdtlein, 2016.
[61] Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik/Energy Brainpool GmbH & Co. KG, 2015.

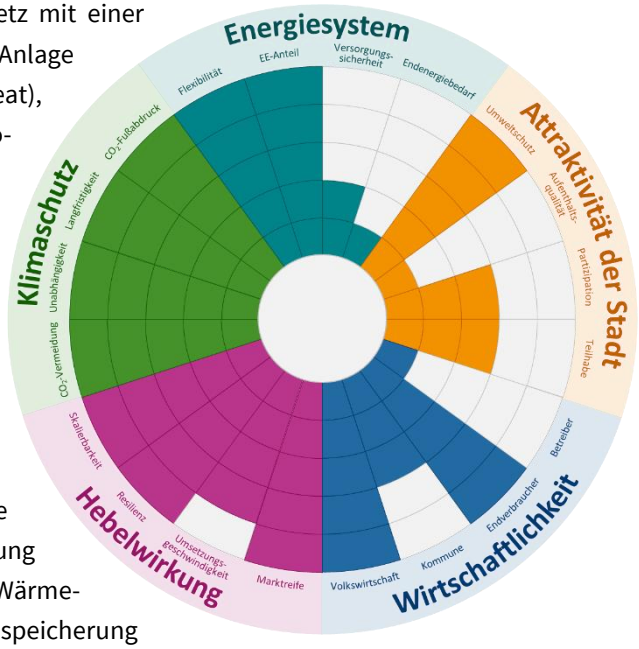
**Praxisbeispiel Groß-KWK in intelligentem Wärmesystem der Stadtwerke Düsseldorf**

Mit ihrem integrierten Energiekonzept leisten die Stadtwerke Düsseldorf einen wesentlichen Beitrag zur Lebensqualität sowie zum Klima- und Umweltschutz in der Landeshauptstadt Düsseldorf – denn Energiewende bedeutet in Großstädten vor allem Wärmewende. Ermöglicht wird das integrierte Energiekonzept auch durch die effiziente Erzeugung von Fernwärme in Kraft-Wärme-Kopplung auf Grundlage von Erdgas im Kraftwerksblock „Fortuna“ sowie in der Müllverbrennungsanlage in Flingern, die zu den klimafreundlichsten ihrer Art in Europa zählt und in der zu 50 Prozent Stoffe biologischen und organischen Ursprungs verbrannt werden.

Block „Fortuna“ ist eines der modernsten Erdgaskraftwerke der Welt. Es versorgt nach dem Prinzip der umwelt- und klimafreundlichen Kraft-Wärme-Kopplung die Großstadt Düsseldorf flexibel und effizient mit Strom und Fernwärme. Dabei erzeugt das Erdgaskraftwerk die Nutzenergie mit einer Kombination aus Gasturbine, Dampfturbine und zusätzlicher Wärmenutzung. Als das Kraftwerk im Jahr 2016 in Betrieb ging, stellte es mit seinem Wirkungsgrad von mehr als 61 Prozent bei der reinen Stromerzeugung einen Weltrekord auf. Durch die zusätzliche Nutzung für das Fernwärmenetz der Stadt Düsseldorf wird der Gesamtnutzungsgrad auf 85 Prozent erhöht.

Das moderne Kraftwerk spart im Zusammenspiel mit der Düsseldorfer Fernwärme insgesamt mehr als eine Million Tonnen $CO_2$ im Jahr ein. Außerdem leistet das Kraftwerk einen wichtigen Beitrag zur Reduktion der Feinstaub- und Stickoxidbelastung. Um die umwelt- und klimafreundliche Fernwärme auszubauen, binden die Stadtwerke Düsseldorf erneuerbare Energien und industrielle Wärme mit in die Energieversorgung ein. So wird die effiziente GuD-KWK zum Rückgrat einer regenerativen Wärmeinfrastruktur.

### 2.4.2 Konzept: Nutzung von EE-Strom aus dem Umland – Nutzen statt Abregeln




Dieses Versorgungskonzept basiert auf einem Wärmenetz mit einer kombinierten Wärmeerzeugung durch sowohl eine KWK-Anlage als auch eine elektrische Wärmeerzeugung (Power to Heat), beispielsweise durch einen Elektrodenkessel. In Situationen mit besonders hoher, die Stromnachfrage übersteigender Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom, nimmt der Elektrodenkessel Strom auf und wandelt diesen in Wärme um. Hierdurch wird zur Stabilität und Flexibilität des Energiesystems sowie gleichzeitig zur höheren Integration von erneuerbaren Energien beigetragen.

Die Wärme wird den Verbrauchern über das Wärmenetz bereitgestellt, wobei durch die thermische Trägheit und Speicherfähigkeit der Infrastruktur eine gewisse zeitliche Verschiebung zwischen Stromaufnahme und Wärmenutzung bestehen kann. Die zusätzliche Nutzung eines zentralen Wärmespeichers kann diesen Effekt erhöhen. Durch die Zwischenspeicherung thermischer Energie lässt sich die Wärmenachfrage von der Stromerzeugung partiell entkoppeln, womit ein strompreisorientierter Betrieb der KWK-Anlage ermöglicht wird. Somit erzeugt und vermarktet ein Heizkraftwerk mit Wärmespeicher weniger Strom bei niedrigen Strompreisen und entsprechend mehr Strom bei hohen

Strompreisen und kann damit stärker dem Marktsignal folgen. Darüber hinaus ermöglicht die Zwischenspeicherung von KWK-Wärme eine Reduktion der Fernwärmeerzeugung aus Heizwerken. Auf diese Art wird der Deckungsgrad der KWK-Anlage erhöht und der Primärenergiebedarf gesenkt.

Das Konzept zeichnet sich durch einen hohen Wirkungsgrad (bis 0,99) und geringe Wärmegestehungskosten aus sowie durch die Möglichkeit, Strom gemäß §13 Abs. 6a EnWG „Nutzen statt Abregeln" zu können.

**Anwendung im urbanen Raum**

Über den Elektrodenkessel können Temperaturen von über 200 °C effizient erzielt werden. Das Versorgungskonzept ist somit theoretisch in allen Siedlungstypen zur Wärmeversorgung geeignet, in welchen Wärmenetze aufgrund ausreichender Wärmebedarfs- und Wärmeliniendichten (insbesondere ST3 bis ST7) wirtschaftlich realisierbar sind. Gebäudeseitig können damit Gebäude aller energetischen Zustände versorgt werden – ein Passivhaus ebenso wie vollsanierte oder teilsanierte Häuser mit geringen Wärmebedarfen als auch unsanierte Häuser. Potenzielle Standorte für die Errichtung von Elektrodenkessel sind insbesondere existierende Kraftwerksstandorte mit bereits installierten und in Betrieb befindlichen KWK-Anlagen.

**Praxisbeispiel Power to Heat Heizkraftwerk Reuter**

Im Jahr 2017 erfolgte der Spatenstich für die größte PtH-Anlage (PtH) Europas, mit der Vattenfall den Steinkohlenblock des Berliner Heizkraftwerkes Reuter ersetzen will. Vor allem durch sogenannten „Smart hybrid"-Kombination mit KWK-Anlagen soll die neue 120 MW Anlage die Möglichkeit bieten, mehr erneuerbare Energien im Gebäudebestand zu nutzen. Nach dem Prinzip „Nutzen statt Abregeln" erzeugt die P2H-Anlage bei sehr viel Wind- und PV-Strom Wärme. Bei wenig Wind und PV-Strom erzeugen die KWK-Anlagen Strom und Wärme. Es werden drei Elektrodenkessel mit je 40 MW Leistung installiert. Die Anlage soll ab 2020 in Betrieb genommen werden. Das Projekt wird im Rahmen des Programms „Schaufenster intelligente Energie" (SINTEG) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.

Regulatorische Hemmnisse führen dazu, dass die Potenziale der PtH-Anlage in Verbindung mit KWK nicht vollständig erschlossen werden können, da diese Anlagenkombination zwar in EnWG § 13 Abs.6a abgebildet ist, aber nur in der sogenannten Windausbauregion anwendbar ist. So sollte das Prinzip „Nutzen statt Abregeln" auf das gesamte Bundesgebiet für die Netzregionen mit negativen Redispatch ausgeweitet werden.

**Relevante Akteure**

Betreiber der KWK-Anlage sowie des Elektrodenkessels könnte das Fernwärmeunternehmen, bspw. das lokale Stadtwerk oder ein rein privatwirtschaftlicher Akteur, sein, in dessen Netz die Wärme eingespeist wird. Abhängig davon, ob der Engpass im Übertragungs- oder Verteilnetz auftritt, erhält der Betreiber der KWK-Anlage sowie des Elektrodenkessels vom Betreiber des Netzes der allgemeinen Versorgung (Übertragungs- oder Verteilnetzbetreiber) eine Vergütung für die Reduzierung der Wirkleistungseinspeisung, eine Erstattung für die Kosten für die Lieferung der elektrischen Energie und für die Investition in den Elektrodenkessel. Potenzielle Standorte für die Errichtung von Elektrodenkessel sind insbesondere existierende Kraftwerksstandorte mit bereits installierten und in Betrieb befindlichen KWK-Anlagen, an denen Netzengpässe bestehen und eine Abregelung von erneuerbaren Energien erfolgt. Demgegenüber ist dies aktuell nur auf das Netzausbaugebiet beschränkt.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Damit durch die zeitlich flexible zusätzliche Aufnahme von EE-Strom bzw. die dynamische, strombasierte Steuerung der KWK-Stromerzeugung eine Entlastung des Energiesystems erfolgen kann, muss dem für das Engpassmanagement zuständigen Übertragungsnetzbetreiber Direktzugriff auf die KWK-Anlage eingeräumt werden. Dies schreckt viele Betreiber ab.

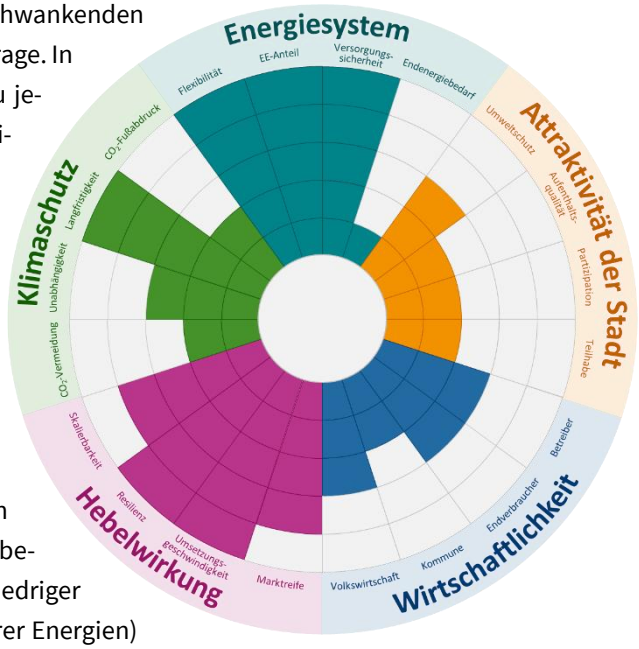
Um Flexibilitätspotenziale optimal zu nutzen, ist die Anwendung des Instruments „Nutzen statt Abregeln" von großer Bedeutung. Durch die derzeitige Regelung in § 13 Abs. 6a EnWG bestehen bereits grundsätzlich gute

Anreize. Die Förderung für eine systemdienliche Steuerung der Anlage ist dennoch bislang nur unzureichend ausgestaltet. So ist die Regelung auf die Übertragungsnetze in bestimmten Gebieten Deutschlands (dem sogenannten „Netzausbaugebiet“) beschränkt und der Umfang der Förderung ist nicht abschließend geklärt. Daraus resultieren sowohl Rechts- als auch Investitionsunsicherheiten für die Anlagenbetreiber.

Um das Potenzial von § 13 Abs. 6a EnWG für die Flexibilisierung von KWK-Anlagen und die Integration von erneuerbaren Energie besser zu nutzen, könnte der Bundesgesetzgeber den Anwendungsbereich der Norm auf VNB und Gebiete außerhalb des Netzausbaugebiets erweitern sowie die Ausgestaltung der Vereinbarungen insbesondere hinsichtlich des Umfangs der Kostenerstattung konkretisieren.

Zudem muss das Potenzial von § 13 Abs. 6a EnWG mit den weiteren Maßnahmen zum flexiblen Einsatz von KWK-Anlagen konvergent ausgestaltet werden (vgl. Kapitel „Konzept: Intelligente Nutzung von KWK“).

### 2.4.3 Konzept: Batteriespeicher als Kurzzeitspeicher




Energiespeicher dienen zum Ausgleich zwischen dem schwankenden Energieangebot und der sich verändernden Energienachfrage. In der Stromversorgung müssen Angebot und Nachfrage zu jedem Zeitpunkt ausgeglichen sein. Zusätzlich zur dynamischen Steuerung von Stromerzeugung und -nachfrage können Stromspeicher sowohl Angebotsspitzen (Einspeicherung) als auch Nachfragenspitzen (Ausspeicherung) ausgleichen. Energiespeicher stellen in Zukunft für die Stromversorgung aus fluktuierenden Energiequellen eine unverzichtbare Komponente dar, um einen stabilen Betrieb zu gewährleisten.

Dabei eignen sich Batteriespeicher insbesondere für die Kurzzeitspeicherung über einen Zeitraum von mehreren Stunden. Sie werden in der Regel mit kurzen Ladezyklen betrieben, wobei Strom in Zeiten hoher Verfügbarkeit bzw. niedriger Kosten (beispielsweise bei hoher Einspeisung erneuerbarer Energien) eingespeichert und in Zeiten niedriger Verfügbarkeit bzw. hoher Kosten (Tagesspitzen, niedrige EE-Einspeisung) ausgespeichert wird.[62] Gerade im städtischen Kontext ist zur Erreichung der Klimaschutzziele eine optimale Ausbeute der Erntepotenziale erneuerbarer Stromerzeugung unerlässlich. Der Aussteuerung kommt schon auf lokaler Ebene (Gebäude oder Quartier) eine hohe Bedeutung zu, die den Einsatz von Batterien besonders sinnvoll macht. Darüber hinaus kann auch die Einbindung der Batterien von Elektrofahrzeugen erfolgen, die über das gesteuerte Laden hinaus Flexibilität bereitstellt (Vehicle-to-Grid). Langfristig ist der Einsatz von Batterien auch als Langzeitspeicher denkbar. Dies ist maßgeblich von der technologischen Weiterentwicklung und Kostendegression abhängig.

**Anwendung im urbanen Raum**

Batteriespeicher sind im Vergleich zu anderen Flexibilitätsoptionen wie PtG eine etablierte Technologie, die durch die aktuellen Kostendegressionen für viele Anwendungsbereiche interessant wird.[63] Die verschiedene

[62] Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik/Energy Brainpool GmbH & Co. KG, 2015.
[63] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, 2017.

Speicherlösungen können in ganz unterschiedlichen Anwendungsfeldern zum Einsatz kommen. Kleine Batterien mit einer Leistung von bis zu 10 kW eignen sich beispielsweise in Wohngebäuden, um den in Haushalten erzeugten Strom für den Eigenbedarf besser anzupassen. Für das Stromnetz ist der Hauptbeitrag dieser Batterien das Abfangen lokaler PV-Spitzen, die dann in die Haushaltsbatterie anstatt in das Stromnetz eingespeist werden. Größere Batterien mit einer Leistung ab 100 KW sind in der Regel für Gewerbetriebe mit höherem Stromverbrauch und höheren Spitzenlasten interessant. Diese Batterien können dazu verwendet werden, Lastspitzen zu vermeiden und damit zu geringeren Netznutzungsentgelten beizutragen. Mit einer Speicherlösung ist es zudem möglich, von Preisschwankungen an der Strombörse zu profitieren, wenn der Speicher bei günstigen Strompreisen aufgeladen wird und in Hochpreiszeiten günstig gespeicherter Strom ausgespeichert wird. Mit der erhöhten Leistung können diese Batterien auch als Stromspeicher in zum Beispiel virtuelle Kraftwerke integriert werden, wo Erlöse aus dem Verkauf von Primärregelenergie oder teilweise Sekundärregelenergie generiert werden können. [64,65]

**Relevante Akteure**

Verbraucher, Energielieferanten, Wohnungsbaugesellschaften, ÖPNV-Anbieter, EE-Anlagenbetreiber oder Aggregatoren können typischerweise Kurzzeitspeicher betreiben. Teilweise wird auch diskutiert, welche Rolle Kurzzeitspeicher für den Netzbetrieb spielen können, wodurch der Speicherbetrieb auch für Netzbetreiber als reines Netzbetriebsmittel interessant sein könnte.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Die Investitionskosten und technologischen Barrieren variieren je nach Batterieart (geringe Leistungen, Speicherkapazität, Zyklenzahl, Ladezeiten). Es bestehen aktuell geringe wirtschaftliche Anreize für den Batteriespeicherbetrieb aufgrund unerheblicher Preisunterschiede auf dem Strommarkt. Die Netzentgeltsystematik wirkt finanziell oft stärker als Anreize von Erlöspotenzialen der Flexibilitätserbringung, sodass die entsprechenden Potenziale aus wirtschaftlichen Gründen nicht erschlossen werden. Die Einführung dynamischer Komponenten in der Netzentgeltsystematik (zeit-/lastvariable Entgelte) könnte helfen, Flexibilitäten und eine

**Praxisbeispiel NET-PV**

Die Ausgangssituation des Projekts NET-PV der Stadtwerke Schwäbisch Hall bestand darin, dass das technische Potenzial von Solarstromspeichern mit rein lokalen Betriebsführungsvorgaben nur unzureichend ausgeschöpft wurde. Im Mittelpunkt des Verbundprojekts stand die netzdienliche Integration von vorhandenen als auch neuen Photovoltaikanlagen in die Gesamtstromerzeugung bei gleichzeitiger Gewährleistung der Stromnetzstabilität durch gezieltes Netzmanagement. Dabei stellte vor allem die Kombination von PV-Dachanlagen und dezentralen elektrischen Speichern auf Basis von Lithium-Ionen einen netzdienlich wichtigen Lösungsansatz dar. Grundidee hierbei ist, einen Teil der Speicherkapazität für Netzservicedienstleistungen zu Verfügung zu stellen, während der andere Teil zur Erhöhung des lokalen Autarkiegrads genutzt wird. Da hierdurch notwendige Maßnahmen in Bezug auf Betriebsmittelüberlastung und Spannungsqualität reduziert werden, wird der Bedarf an Netzausbaumaßnahmen gesenkt.

Der Feldversuch im Netzgebiet der Stadtwerke Schwäbisch Hall macht deutlich, dass die Steigerung der PV-Eigenstromversorgung durch die Integration von Batteriespeichern in Verbindung mit der Bereitstellung von Primärregelleistung und der daraus resultierenden Netzentlastung einen wirtschaftlichen und energetisch zielführenden Ansatz darstellt. Die PV-Speicher werden dabei über eine zentrale Leitwarte geregelt und ermöglichen durch ihre Netzdienstleistung eine Einnahmequelle für die Betreiber. Dies erfordert ein aktives Management von Verteilnetzen, wobei neben der Kontrolle der angeschlossenen Komponenten, lokale Regelmöglichkeiten ermöglicht werden müssen. Durch das Vorhaben werden somit weitere Einnahmequellen, neben der Wirkleistungsbereitstellung, für erneuerbare Erzeuger erschlossen.

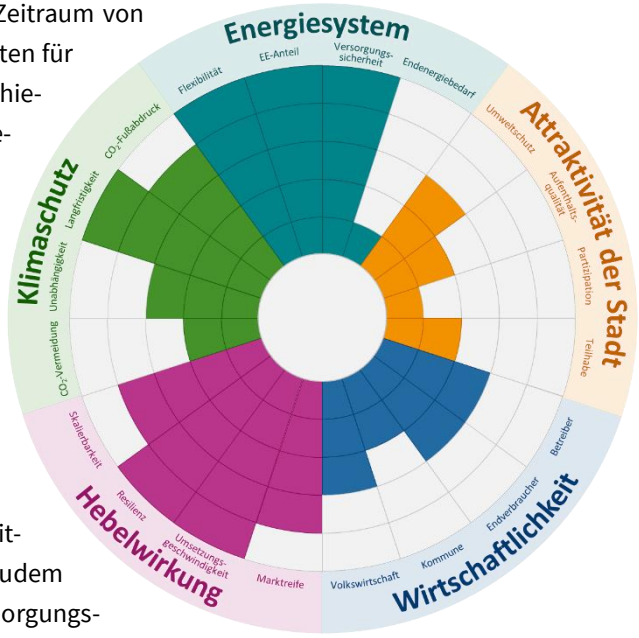
[64] Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e.V., 2015.
[65] Sperling, 2018.

Entlastung der Netzsituation anzureizen. Durch eine Dynamisierung könnte ein Anreiz zur netzverträglichen Nutzung geschaffen werden.

Der Einsatz von Stromspeichern – vom Netzbetreiber als Netzbetriebsmittel eingesetzt oder von einem Dritten auf dem Markt beschafft – kann eine kosteneffiziente Option zum Umgang mit Netzengpässen darstellen. Aufgrund von Unsicherheiten bei der Anerkennung dieser Kosten für den Netzbetreiber im Rahmen der Anreizregulierungsverordnung wird ein netzdienlicher Einsatz von Speichern jedoch verhindert.

Speicher werden derzeit als Letztverbraucher eingestuft und damit mit allen Letztverbraucherabgaben belastet. Diese Belastung auch einer systemdienlichen Energie(zwischen)speicherung könnte über eine Reform des Abgaben- und Umlagensystems auf Bundesebene verringert werden. Batteriespeicher sind als Stromspeicher gesetzlich schon an einigen Stellen hinsichtlich der Abgaben und Umlagen privilegiert. Diese Privilegierungen reichen jedoch oftmals für einen wirtschaftlichen Betrieb nicht aus. Ansatzpunkt könnte auch eine Bepreisung von $CO_2$, zum Beispiel als Komponente der Energiesteuer sein, um die Wirtschaftlichkeit regenerativ erzeugter Einsatzstoffe gegenüber fossilen Energieträgern zu steigern.

### 2.4.4 Konzept: Power to Gas als Langzeitspeicher




Langzeitspeicher speichern Energiemengen über einen Zeitraum von mehreren Tagen bis Monaten und stellen damit Kapazitäten für ganze Tage aber insbesondere für die saisonale Lastverschiebung zur Verfügung. Die reine elektrische Energiespeicherung ist die Stromspeichertechnologie mit der höchsten Effizienz, aber mitunter auch mit den höchsten Kosten und kleinsten Kapazitäten. Elektrochemische Energiespeicherung, etwa mittels der Speicherung von Wasserstoff oder synthetischem Methan in Verbindung mit der vorhandenen Gas- und Kraftstoff-Infrastruktur, erreicht höhere Kapazitäten bei geringeren Kosten. Zwar ist die Speicherung im Vergleich zu Batteriespeichern mit höheren Wirkungsgradverlusten verbunden, aber aus heutiger Sicht ist sie eine notwendige Option für Langzeitspeicherung erneuerbarer Energien in Deutschland.[66] Zudem können PtG-Anlagen einen wesentlichen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten. Da Städte tendenziell weiterhin auf Stromimporte angewiesen sein werden, dürften zur Integration großer Mengen fluktuierender Energien Langzeitspeicheroptionen erforderlich werden.

Die Umwandlung von Strom in synthetisches Methan kann als chemischer Stromspeicher betrachtet werden. Von der Aufnahme der elektrischen Energie bis zu der Rückverstromung ergeben sich verschiedene mögliche Nutzungspfade. In Zeiten hoher Stromverfügbarkeit kann erneuerbarer Strom durch Elektrolyse in Wasserstoff und bei Bedarf in Methan umgewandelt und gespeichert werden. Der gespeicherte Wasserstoff kann beispielsweise zusammen mit einer Brennstoffzelle zur direkten Stromerzeugung oder zur Einspeisung in das Gasnetz

[66] Sterner & Stadler, 2014.

und bilanziell in Gas- oder Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerken verwendet werden. Einspeisung von Wasserstoff ist jedoch nur bis zu einem bestimmten Volumenprozentsatz ins Erdgasnetz erlaubt. Da das synthetische Methan die gleichen Eigenschaften wie fossiles Erdgas hat, kann es uneingeschränkt in das Erdgasnetz eingespeist werden und in Gas- und Dampfturbinenkraftwerken, Gaskraftwerken, BHKW und Mikro-KWK-Anlagen verwendet werden.[67]

**Anwendung im urbanen Raum**

Eine Umsetzung von PtG wird aufgrund der Anlagengröße vermutlich eher am Stadtrand oder außerhalb der Stadt liegen. Diese Standorte bieten zudem die Nähe zu größeren Erzeugungseinheiten wie Windenergieanlagen. Zudem ist eine strom- und gasseitige leitungsgebundene Infrastruktur vor Ort notwendig.

**Relevante Akteure**

Die Gasspeicherbetreiber (§ 3 Nr. 9 EnWG) und Gaslieferanten können typischerweise PtG als Langzeitspeicher betreiben. Da Langzeitspeicher besonders geeignete Flächen brauchen, kommen auch die Grundstückeigentümer als Akteure in Frage, zum Beispiel Bergbauunternehmen.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Jede Umwandlung einer Energieform in eine andere ist grundsätzlich mit Umwandlungsverlusten behaftet, dies gilt auch für die Umwandlung von Strom in stoffliche Energieträger. Gleichzeitig werden aber durch diese Umwandlung erprobte und hocheffiziente Technologien und Infrastrukturen zum Energietransport über weite Strecken und Energiespeicherung über lange Zeiten auch für lokal erzeugte erneuerbare Energien nutzbar gemacht. Dies gilt insbesondere für die Nutzung der bestehenden (Erdgas-)Infrastrukturen.

**Praxisbeispiel Energiepark Mainz**

Im Energiepark Mainz wird Wasserstoff mit Hilfe der PEM-Elektrolysetechnologie aus überschüssigem EE-Strom hergestellt. Die Anlage hat eine Spitzenleistung von 6 MW und stellt durch seine hochdynamische Fahrweise einen wichtigen Baustein für die Nutzung von volatilem erneuerbarem Strom dar. Durch den Anschluss an eine benachbarte Windkraftanlage kann in Zeiten von hoher Windeinspeisung der Strom dezentral gespeichert werden und sorgt somit für Netzstabilität. Mit dem produzierten Wasserstoff werden sowohl Wasserstoff-Tankstellen und Industriebetriebe beliefert, also auch das Erdgasnetz der Stadtwerke Mainz bespeist. Hierbei werden in Testgebieten bis zu 10 Prozent Wasserstoff dem Erdgas beigemischt. Zusätzlich dazu könnten mithilfe des Wasserstoffs aus dem Energiepark aktuell bereits rund ein Drittel der Busse des ÖPNV versorgt werden. Die Besonderheit stellt die Nutzung eines Elektrolysesystems basierend auf Polymerelektrolysemembranen (PEM) in Megawattklasse dar. Die neu entwickelte Produktreihe eignet sich für hohe Stromdichten und kann innerhalb von Sekunden auf große Schwankungen bei der Stromproduktion reagieren. Darüber hinaus wird der Aufwand der Nachverdichtung durch den hohen Abgabedruck des Gases von 35 bar deutlich gesenkt.

Die Erkenntnisse aus dem Praxisbeispiel zeigen, dass die Rahmenbedingungen für den Einsatz von PtG nicht ausreichen. Einerseits sind zusätzliche Speicher und PtX-Anlagen notwendig, andererseits müssen Marktbarrieren durch Letztverbraucherabgaben beseitigt werden. Darüber hinaus ist eine Anrechnung von Wasserstoff im Verkehr auf die THG-Quote notwendig.

Allerdings werden PtG-Anlagen derzeit als Letztverbraucher angesehen, sodass sie grundsätzlich mit den vollen Letztverbraucherabgaben belastet sind. Auch für PtG-Speicher ist daher eine umfassende Reform des Abgaben- und Umlagensystems auf Bundesebene notwendig, um die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb zu schaffen. Daneben könnte auch eine $CO_2$-Bepreisung, beispielweise als Komponente der Energiesteuer, die Wirtschaftlichkeit von PtG-Speichern gegenüber Technologien, die auf fossilen Einsatzstoffen basieren, steigern. Eine solche müsste durch den Bundesgesetzgeber eingeführt werden.

[67] Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik/Energy Brainpool GmbH & Co. KG, 2015.; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung/Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung/Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2017.

### 2.4.5 Konzept: Umwandlungstechnologien

Durch den Einsatz innovativer Umwandlungstechnologien kann aus erneuerbarem Strom Wasserstoff erzeugt und entweder direkt genutzt oder zu synthetischem Methan, flüssigen Energieträgern oder Chemikalien verarbeitet werden. Diese sogenannten Powerfuels haben die gleichen energetischen Eigenschaften wie fossile Energieträger, zum Beispiel hohe volumetrische und gravimetrische Energiedichte und gute Speicherbarkeit. Sie können daher als klimafreundlicher Ersatz in Bereichen eingesetzt werden, in denen direkte Elektrifizierung mit besonderen Herausforderungen verbunden ist.

Da Powerfuels in bestehende Infrastrukturen integriert und zusammen mit den bereits etablierten Technologien sowohl im Verkehrs-, Wärme- als auch im Industriesektor eingesetzt werden können, stellen sie eine effiziente Verbindung zwischen diesen Sektoren und dem Stromsektor dar.

Powerfuels können zum Beispiel in Kombination mit Gas- und Dampfturbinenkraftwerken, Gaskraftwerken, BHKW, Mikro-KWK-Anlagen aber auch Brennstoffzellen einen Betrag zur klimafreundlichen Wärmeversorgung im urbanen Raum leisten. Die in den Anlagen durch die Verbrennung (bei Brennstoffzelle: kalte Verbrennung) freiwerdende Wärme wird dabei teilweise zur Speisung eines Wärmenetzes oder Heizsystems auf Gebäudeebene verwendet. Daneben besteht weiterhin die Möglichkeit, Powerfuels auf Gebäudeebene effizient in Gasbrennwertkessel zu nutzen. Diese sind dabei an bestehende Gasverteilnetze eingebunden, sodass alle städtischen Infrastrukturen (Stromnetz, Wärmenetz, Gasnetz) in hohem Umfang weiter genutzt werden können. Zur städtischen Verkehrswende wiederum gehört auch, den Logistikbereich und den ÖPNV klimaneutral zu gestalten. Powerfuels können die Bedürfnisse größerer Fahrzeuge, die typischerweise in diesen Bereichen zum Einsatz kommen, häufig besser bedienen, als rein batterieelektrische Lösungen. Powerfuels können dabei insbesondere in Brennstoffzellen, Gasantrieben und Verbrennungsmotoren eingesetzt werden.

Ein weiteres Potenzial der Umwandlungstechnologien ist, dass sie zu einer erhöhten Flexibilität im Stromsektor beitragen können. Verschiedene Elektrolysetechnologien können in unterschiedlichem Umfang ihre elektrische Leistung dynamisch variieren. Sie können daher auch einen Beitrag zur Netzstabilisierung im Sinne einer reduzierten Leistung bei hoher Nachfrage im Netz leisten oder die Leistung erhöhen, wenn besonders viel erneuerbarer Strom im Netz vorhanden ist und der Elektrolyseur mit einer Rückverstromungseinheit kombiniert wird. Ein solcher Beitrag ist insbesondere dort wertvoll, wo der Netzengpass auftritt.[68] Diese Stärke könnten Elektrolyseure gerade an der Schnittstelle Stadt-Umland (Windproduktion am Stadtrand, Verbrauch in der Stadt) einsetzen.

**Anwendung im urbanen Raum**

Für „Power to Gas“ siehe vorheriges Konzept „Power to Gas als Langzeitspeicher“. Daneben können auch große „Power to Heat“-Anlagen an Standorten von Heizkraftwerken je nach Leistung zur Versorgung von einzelnen Quartieren oder Stadtvierteln über lokale Wärmenetze oder Fernwärmenetze installiert werden.

[68] Ausfelder & Dura et al., 2018.

**Relevante Akteure**

Umwandlungsanlagen können entlang der Wertschöpfungskette von nahezu allen Akteuren betrieben werden. Dementsprechend kommen in Frage: EE-Anlagenbetreiber, Stromlieferanten, Aggregatoren, Gasanlagenbetreiber, Gaslieferanten, Wärmanlagenbetreiber, Wärmenetzbetreiber, Wärmelieferanten, Gebäudetechnologievertreiber.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Powerfuels sind derzeit gegenüber fossilen Kraft- und Brennstoffen preislich nicht wettbewerbsfähig. Hierzu tragen neben den (noch) hohen Investitionskosten auch die hohen Betriebskosten – unter anderem durch die volle Belastung von PtX-Anlagen mit allen Letztverbraucherabgaben – als auch der zu niedrige Preis für fossile Energieträger bei.

Um die Wettbewerbsfähigkeit der Powerfuels gegenüber fossilen Energieträgern zu steigern, bedarf es einer umfassenden Reform des Abgaben- und Umlagensystems auf Bundesebene. Die Umwandlungstechnologien sind nach dem aktuellen Abgaben- und Umlagensystem schon an einigen Stellen privilegiert. Diese Privilegierung ist jedoch nicht ausreichend, um einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb zu ermöglichen. Ein weiterer Ansatzpunkt, um die Konkurrenzfähigkeit der Umwandlungstechnologien zu steigern, könnte auch eine $CO_2$-Bepreisung sein. Dafür ist ein Tätigwerden des Bundesgesetzgebers erforderlich. Darüber hinaus sind der Bezug von erneuerbarem Strom über das öffentliche Netz, eine Anrechenbarkeit von Powerfuels als klimafreundliche Energieträger und die Weiterentwicklung von Infrastrukturen für gasförmige und flüssige Energieträger notwendig.

**H2W – Wasserstoffmobilität für Wuppertal**

Das innovative Wasserstoff-Projekt der Wuppertaler Stadtwerke (WSW) in Kooperation mit der Abfallwirtschaftsgesellschaft Wuppertal (AWG) gilt als Vorzeigeprojekt um die Mobilität in der Region emissionsarmer und zukunftsfähiger zu gestalten. Per Elektrolyse wird hierbei Wasserstoff mithilfe von Strom aus der Müllverbrennungsanlage produziert. Dabei läuft die Wasserstoffproduktion immer dann, wenn die Marktpreise für Stromeinspeisung niedrig sind. In dieser Zeit kann der Strom besonders günstig für den Elektrolyseur verwendet werden statt zu geringen Preisen zuverkaufen. Somit ist H2W eine Lösung für Sektorenkopplung in Regionen ohne Ausbaumöglichkeiten für erneuerbare Energien, denn hier stellen Abfälle die Basis für die Herstellung von Wasserstoff dar. Der produzierte Wasserstoff soll anschließend als klimaschonende Alternative zum Dieselantrieb in Brennstoffzellen von Bussen des öffentlichen Nahverkehrs zum Einsatz kommen. Die Wuppertaler Stadtwerke werden hierfür im Laufe des Jahres 2019 zehn Wasserstoffbusse in Betrieb nehmen. Das Wasserstoff-Projekt wird durch die EU-Förderprogramme JIVE, MEHRLIN und JIVE2, das Förderprogramm des Bundes NIP2 sowie durch das Land NRW mit VRR-Mitteln unterstützt. Schon jetzt gilt das „Wuppertaler Modell“ mit seiner intelligenten Verknüpfung von Abfallentsorgung, Energiegewinnung und öffentlichem Nahverkehr als Vorbild für viele andere Städte.

# B 3 Wärmeversorgung

Die nachfolgend dargestellten Ansätze zur Wärmeversorgung im urbanen Raum sind in zwei übergeordnete Versorgungsansätze untergliedert: Wärmeversorgung mittels Wärmenetzen und gebäudeintegrierte Wärmeversorgung unter Einbindung von erneuerbaren Energien und Einbindung von Abwärme. Während beim Ansatz zur Einbindung von Abwärme ausschließlich Konzepte für Wärmenetze vorgestellt werden, existieren im Ansatz zur Einbindung von erneuerbaren Energien auch gebäudeintegrierte Versorgungskonzepte. Jedoch liegt auch bei diesem Ansatz der Fokus auf Versorgungkonzepten mittels Wärmenetzen.

In der Realität wird ein Wärmenetz häufig von einer Kombination unterschiedlicher Anlagen und Technologien gespeist und stellt somit insb. in Verbindung mit einem zusätzlichen Wärmespeicher eine Möglichkeit zur Integration von erneuerbaren und klimaneutralen Energien sowie zur Flexibilisierung dar. Zu beachten ist, dass in der Praxis Wärmenetze meist mit mehreren unterschiedlichen Wärmeerzeugungsanalgen verbunden sind, wie beispielsweise in der Projektbeschreibung der Energie-Initiative Halle dargestellt. Um einzelne Technologien und Potenziale allerdings gezielt beschreiben und untersuchen zu können, wurden diese nachfolgend in isolierten Versorgungskonzepten separat betrachtet.

Im Ergebnis sind Wärmenetze als Basis eines urbanen Strom-Wärme-Systems geeignet. Durch sie können klimaneutrale lokale Wärmepotenziale genutzt und fluktuierende Stromeinspeisungen aus erneuerbaren Energien in das Energiesystem integriert werden. Sie bieten somit eine flexible Basis für die Einbindung von unterschiedlichen Erzeugungstechnologien und Brennstoffen sowie für die Sektorenkopplung. Wärmenetze sind damit der notwendige systemische Ansatz für eine zukunftssichere Wärme- und Stromversorgung.

Von Relevanz für den urbanen Raum, was im Rahmen des Projekts insbesondere durch die Diskussionen im Partnerkreis deutlich wurde, ist die Kälteversorgung durch Kältenetze. Eine Analyse der technischen Möglichkeiten und regulatorischen Hemmnissen von Kältenetzen, vor allem in Verbindung mit Wärmenetzen, sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

## 3.1 Ansatz: Wärme aus erneuerbaren Energien

Die Energiewende und die erneuerbaren Energien werden aktuell insbesondere mit der Bereitstellung von elektrischer Energie in Verbindung gebracht. Erneuerbare Energien, wie bspw. Geothermie, Biomasse und solare Strahlungsenergie, sind jedoch die Grundlage für die Erreichung von Klimaneutralität bei der Wärmebereitstellung. Daneben kann weiterhin elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen zur Wärmebereitstellung verwendet werden. Um die Wärmebereitstellung in urbanen Räumen umweltfreundlicher und damit weniger emissionsintensiv zu gestalten, werden in diesem Kapitel Konzepte zur Nutzung von erneuerbaren Energien im Wärmebereich vorgestellt. Dabei werden sowohl gebäudeintegrierte Konzepte als auch Versorgungskonzepte, welche auf Wärmenetzen basieren, vorgestellt. Hierzu wird jeweils auch eine Verortung vorgenommen, in welchen Siedlungstypen bzw. bei welchen lokalen Rahmenbedingungen sich die Konzepte gut in den urbanen Raum integrieren lassen.

Weiter werden die Klimawirkung und Wirtschaftlichkeit der Versorgungskonzepte aufgezeigt. Die Klimawirkung wird dabei über spezifische $CO_2$-Emissionen je Kilowattstunde abgebildet. Dabei wurde eine Darstellung mittels Balkendiagramm gewählt, wobei das obere Ende der ausgewiesenen $CO_2$-Emissionen unter Verwendung der höchsten spezifischen $CO_2$-Emissionsfaktoren bei aktuellen Rahmenbedingungen entspricht. Sollten

sich diese beispielsweise durch eine erhöhte EE-Quote im Strommix ändern, minimiert sich der $CO_2$-Emissionsfaktor je Kilowattstunde Wärme entsprechend. Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Versorgungskonzepte wird über Wärmegestehungskosten wiedergeben. Diese werden dabei in Anlehnung an die VDI Richtlinie 2067 über die Annuitätenmethode berechnet oder der Literatur direkt entnommen. Die dargestellten Wärmegestehungskosten bilden dabei stets einen Bereich ab, welcher im Wesentlichen auf unterschiedliche Anlagengrößen (abhängig von dem zu versorgenden Gebäude) zurückzuführen ist. Zusätzlich findet eine Betrachtung der Anwendung im urbanen Raum bezogen auf die beschriebenen **Siedlungstypen (ST 1-7**) statt.

Die folgenden Abschnitte stellen Konzepte für Wärmenetze mit Einbindung von Großwärmepumpen, Tiefengeothermie oder Solarthermie, zur Nutzung von Biomasse zur Wärmeversorgung sowie zur gebäudeintegrierten Wärmeversorgung mittel Wärmepumpen vor.

**Exkurs: Typische erneuerbare Wärmepotenziale für den urbanen Raum**

Die Freiflächen und lokalen Potenziale für erneuerbare Energien hängen direkt von der Siedlungsstruktur (bezogen auf Siedlungstypen beschrieben in Teil B, Kapitel 1.1.2) und den lokalen Gegebenheiten ab. Das Vorhandensein lokaler Potenziale bedeutet jedoch nicht, dass in jedem Fall auch eine volle Nutzung dieser Potenziale möglich ist. In vielen Fällen sind insbesondere die aktuell vergleichsweise hohen Wärmegestehungskosten, der Sanierungsstand der Gebäude, das ungünstige Verhältnis von Fläche zur Energieerzeugung und Energieverbrauch, das fehlende Vorhandensein von Freiflächen und hohe Temperaturniveaus ein Hemmnis für die stärkere Nutzung lokaler Potenziale. Dem Umbau der in Ballungsräumen vorhandenen Wärmenetzinfrastrukturen zur Einbindung erneuerbarer Energien kommt daher eine Schlüsselrolle zu. Zudem kommt es darauf an, Potenziale für erneuerbare Wärme, die sich für die Erschließung im Stadtgebiet eignen, auszuschöpfen. Aufgrund der geringeren Bebauungsdichte sind die unversiegelten Freiflächen am Rand urbaner Räume deutlich größer als in der Innenstadt.

In den folgenden Absätzen werden potenzielle urbane, klimaneutrale Wärmequellen näher beschrieben.

**Praxisbeispiel Energie-Initiative Halle (Saale)**

Die Energie-Initiative Halle (Saale) ist ein Bündnis wichtiger gesellschaftlicher Partner, um die Energiewende vor Ort voranzutreiben und die energie- und klimapolitischen Leitbilder der Stadt Halle (Saale) umzusetzen. Neben der Stadt sind die Wohnungsunternehmen, Industrieunternehmen, Forschungseinrichtungen und weitere Institutionen als große Energiekunden sowie die Stadtwerke und die EVH GmbH beteiligt. Auch die Bürgerinnen und Bürger haben die Möglichkeit sich über Kapitalanlagen zu beteiligen. Die Energie-Initiative ist durch einen hohen Konsens geprägt, der viel Transparenz und Partizipation erfordert, da das Gesamtoptimum nur gemeinsam mit allen Beteiligten erreicht werden kann.

Das integrierte Konzept soll die Sektorkopplung vorantreiben und Synergien aus Wärme- und Stromversorgung nutzen. Bei der Wärmeversorgung stehen die Modernisierung und der Ausbau der Fernwärme im Vordergrund. Vor allem die Einbindung erneuerbarer Energien und die Modernisierung der bestehenden KWK-Anlagen soll bis 2040 zur weitgehenden Dekarbonisierung der Fernwärme führen. Im Rahmen des Ausbaus der Fernwärmenetzes ist der Bau einer Power-to-Heat-Anlage mit einem Elektrodenkessel mit 25 MW Leistung geplant. Mittels einer Flusswärmepumpe (Saale-to-Heat) mit 20 $MW_{th}$ und 7 $MW_{el}$ Leistung soll die Wärme aus der Saale genutzt werden. Am Standort Halle Trotha wurde bereits eine Solarthermieanlage mit 3,3 MW errichtet. Durch diese Maßnahmen wird die Grundlast der Fernwärme schon im Jahr 2022 komplett dekarbonisiert sein. Ein Wärmespeicher (weltweit größter dieser Bauart) mit einem Fassungsvermögen von 50.000 $m^3$ und einer Wärmeleistung von 70 MW ergänzte im September 2018 den bereits vorhandenen Speicher mit 6.000 $m^3$. Somit können die KWK-Anlagen (200MWel) noch flexibler auf die volatile EE-Einspeisung reagieren. Der schon heute hohe EE-Anteil im Strom (25 MW Wind und 75 MW PV) soll bis 2025 auf 200 MW ausgebaut werden.

Die Nutzung des Potenzials **oberflächennaher Erdwärme** erfordert Freiflächen und erfolgt mittels Wärmepumpen mitunter auch in Kombination mit anderen Wärmeerzeugern (z.B. BHKW). Freiflächen sind im urbanen Raum zum einen in Form von privaten unbebauten Flächen in Ein - und Reihenhaussiedlungen (ST1/ST2), meist in Stadtrandgebieten, vorhanden. Zum anderen weisen auch höher verdichtete Wohnsiedlungen (ST3/ST4) unversiegelte Flächen in Form von Abstandsflächen auf. In Relation zu dem benötigten Wärmebedarf sind jedoch vor allem im ST4 die vorhandenen Flächen und die daraus resultierenden Potenziale zu gering, so dass Wärmepumpen hier allenfalls als Ergänzung zu anderen Wärmeversorgungssystemen zum Einsatz kommen. Auch können die im Vergleich zu konventionellen Versorgungsansätzen hohen Wärmegestehungskosten für die Nutzung oberflächennaher Geothermie im Geschosswohnungsbau (ST4) aufgrund sozialstruktureller Gegebenheiten im urbanen Raum ein Nutzungshindernis darstellen. In Stadtzentren (ST5/ST6/ST7) ist die Nutzung von oberflächennaher Geothermie aufgrund des Versiegelungsgrades bzw. der hohen baulichen Dichte fast nicht möglich. Für eine erste Potenzialabschätzung in einem spezifischen Gebiet stellen einige Städte und Bundesländer Geothermiekataster oder ähnliche Anwendungen zu Verfügung.

Ebenso bieten **Großwärmepumpen** auch andere, weniger flächenintensive Möglichkeiten, um klimaneutrale Wärmepotenziale im urbanen Raum zu erschließen. Welche Potenziale vorhanden sind und welche sich auch wirtschaftlich erschließen lassen, hängt im Wesentlichen von den lokalen Begebenheiten ab. Ein großes Potenzial bietet beispielsweise die Nutzung von Flüssen oder anderen Gewässern. Gerade im urbanen Raum stellt sich häufig auch Abwasser oder Grubenwasser als eine attraktive, geeignete Wärmequelle für Großwärmepumpen heraus. In Deutschland werden gerade mehrere Projekte durchgeführt, die sich mit der Integration einer Flusswasser- oder Abwasserwärmequelle in ein Wärmenetz befassen. Weitere wesentliche Potenziale stecken in der Nutzung industrieller oder gewerblicher Abwärme, meist handelt es sich dabei um sogenannte Niedertemperaturabwärme. Die Effizienz einer Großwärmepumpe kann zudem weiter erhöht werden, wenn durch die Auskühlung der Wärmequelle ein weiterer Nutzen entsteht. Auf diese Weise können große Rechenzentren gekühlt werden und dienen gleichzeitig als Abwärmequelle.

Das **Potenzial für die Nutzung tiefer Erdwärme (Tiefengeothermie**) ist weniger vom Siedlungstyp als vielmehr vom geologischen Potenzial abhängig. In Deutschland sind das Norddeutsche Becken, das Nordalpine Molassebecken und das Oberrheintal bekannte Gebiete mit hydrothermalen Ressourcen.[69] Das technische Wärmepotenzial dieser Gebiete liegt in Summe bei ca. 550 TWh/a.[70]Jedoch liegt ein Großteil der Fernwärmenetze außerhalb dieser Gebiete und zusätzlich muss Akzeptanz bei der Bevölkerung herrschen. Der BDEW schätzt das realisierbare Potenzial vor diesem Hintergrund für das Jahr 2030 auf 10,8 TWh und für das Jahr 2050 auf 18,5 TWh/a; 2014 wurden erst 0,2 TWh genutzt.[71] Wie das Beispiel München zeigt, kann die Tiefengeothermie unter bestimmten Voraussetzungen gut für die Erschließung im Stadtgebiet geeignet sein. Gerade im urbanen Raum ist die Flächenkonkurrenz zu thematisieren (insbesondere bei dichter Wohnbebauung in ST5-ST7). Es besteht die Möglichkeit, Tiefengeothermie über Anbindungsleitungen in Fernwärmenetze und die Innenstädte zu bringen. Hierfür ist ein Umbau der Wärmnetzinfrastruktur erforderlich. Das Temperaturniveau der erneuerbaren Wärme aus Tiefengeothermie ist je nach Standort sehr unterschiedlich. Dies kann für den wirtschaftlichen Betrieb ein Hemmnis darstellen. Die Tiefengeothermie dient in erster Linie der Wärmeversorgung in Wohngebäuden. Für die Versorgung von Industrie und Gewerbe muss im Einzelfall geprüft werden, ob der Bedarf u. a. hinsichtlich Temperaturniveau sowie Lastgang mit der Wärmeerzeugung in Einklang gebracht werden kann, ggf. durch Kombination mit z. B. einer Biomasseanlage.

[69] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2009a.
[70] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2017, S. 19.
[71] Ebd. S. 19.

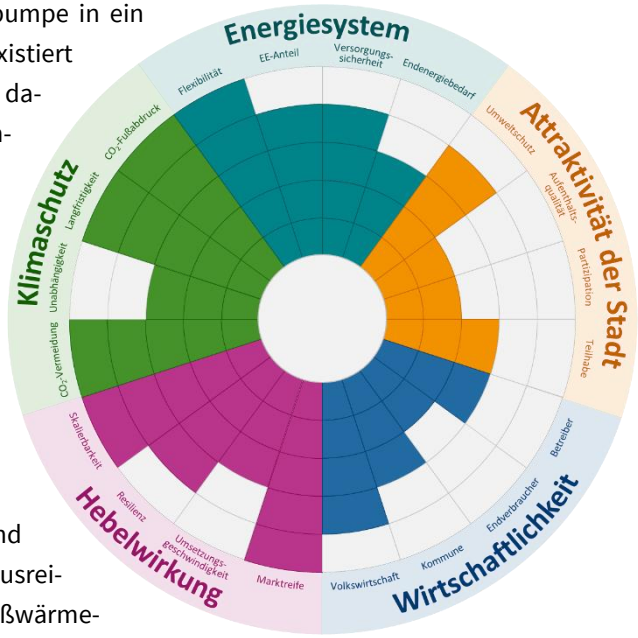
Die nutzbaren Flächen am **Gebäude für Solarthermie und Photovoltaik** sind neben der Ausrichtung der Gebäude und der Sonneneinstrahlung abhängig von der zur Verfügung stehenden Dachfläche und den unverschatteten Fassadenflächen. Die Dachflächen nehmen mit der Größe der Gebäude zu und relativ zum Energiebedarf ab. Jedoch müssen hierbei mögliche Dachaufbauten und die Statik der Gebäude berücksichtigt werden. Dies ist vor allem in historischen Innenstädten relevant. Hier können aufgrund des Alters der Gebäude deutlich weniger Dachflächen energetisch genutzt werden. Im Gegensatz dazu sind in ST4 die Dachflächen sehr gut nutzbar, da die Gebäude in diesem Siedlungstyp meist über Flachdächer verfügen und somit fast vollständig mit Kollektoren belegt werden können. In ST4 ist jedoch die Dachfläche im Verhältnis zur Geschossfläche sehr gering. Hier könnten zusätzlich die Fassaden effizient genutzt werden, da ausreichend großflächige Fassaden zur Verfügung stehen und diese aufgrund größerer Abstandsflächen zwischen den Gebäuden im Siedlungstyp geringer verschattet sind. Auch in ST3 können die Fassaden aus den oben genannten Gründen gut genutzt werden. In den anderen Siedlungstypen eignen sich die Fassaden nicht. Im innerstädtischen Raum stehen die Gebäude zu dicht, was zu einer Verschattung der Fassaden führt.[72] Der spezifische Wärmeertrag der Solarthermie pro Quadratmeter Kollektorfläche wird vom BDEW mit durchschnittlich 250 kWh/($m^2$•a) angegeben.[73] Für eine erste Einschätzung des solarthermischen oder photovoltaischen Potenzials in einem spezifischen Stadtteil oder an einem bestimmten Gebäude stehen für viele Städte und Regionen sogenannte Solarkataster zur Verfügung.

Das **lokale Biomassepotenzial** – insbesondere die Erzeugung von Biomasse - für die Wärmeversorgung ist in urbanen Räumen aufgrund der baulichen Dichte generell eher gering. Auch die direkte Nutzung von Biomasse für die Wärmebereitstellung stößt im urbanen Raum aufgrund der Luftbelastungen während des Betriebs und dem Platzbedarf für die Brennstofflagerung häufig auf Widerstand.[74]Die Nutzung in Ein- und Zweifamilienhäusern kann grundsätzlich möglich sein, wenn auch nicht in größerem Maßstab wahrscheinlich. Fernwärme- und Gasnetze bieten jedoch die Möglichkeit, Biomasse aus dem Umland für die Wärmeversorgung in der Stadt zu nutzen, sofern im Umland nachhaltiges Potenzial vorhanden ist. [75] Der BDEW schätzt, dass im Jahr 2050 ca. 10 TWh aus fester Biomasse und Biogas über das Fernwärmenetz genutzt werden können.[76]

Weiterhin stellt die Nutzung von **regional erzeugtem Strom aus EE-Anlagen**, wie PV- oder Wind-Energieanlagen, eine Möglichkeit dar, um die Wärmeversorgung im urbanen Raum klimaneutral zu gestalten. Dieser Strom kann im urbanen Raum selbst oder im Umland erzeugt werden und beispielsweise in Power-to-Heat-Anlagen, wie Elektrodenkesseln oder Wärmepumpen, zur Fernwärmebereitstellung oder in gebäudeintegrierten Anlagen genutzt werden. Hierbei sind für die potenziell zu nutzenden Freiflächen jedoch Nutzungskonflikte zu beachten. Daneben bietet auch die Nutzung von **überregional erzeugtem Strom**, beispielsweise Strom aus Off-Shore-Windparks, das Potenzial, Wärme über die genannten Anlagen emissionsneutral bereitzustellen. Hierbei bieten Anlagen großer Leistungsklassen den Vorteil, dass diese effizient zur Vermeidung von Netzengpässen eingesetzt werden können.

[72] Technische Universität Darmstadt, 2012.
[73] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2017, S. 20.
[74] Jenssen, T., 2010.
[75] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2009a.
[76] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2017, S. 18.

### 3.1.1 Konzept: Einbindung von Großwärmepumpen in Wärmenetze




In diesem Versorgungskonzept speist eine Großwärmepumpe in ein Wärmenetz ein. Für den Begriff der Großwärmepumpe existiert keine umfassend gültige Definition. Nachfolgend werden darunter in Anlehnung an existierende Arbeiten Wärmepumpen mit einer thermischen Leistung von mehr als 150 $kW_{th}$ verstanden. Eine weitere Charakteristik ist, dass diese der Situation angepasste ingenieurstechnische Planungsarbeiten erfordern und somit oft nicht als Standardprodukt vom Markt einsetzbar sind. Als Wärmequelle für die Großwärmepumpe sind dabei bspw. Erdwärmesonden, der Rücklauf des Wärmenetzes, Abwärme z. B. aus Abluft oder Abwässern, Grubenwasser oder Gewässer geeignet. Besonders effizient und umweltfreundlich lässt sich dieses Konzept mit KWK-Anlagen und thermischen Speichern kombinieren. In Zeiträumen mit ausreichend erneuerbarem Strom im Stromnetz stellt die Großwärmepumpe primär die Wärme bereit, sodass das Wärmenetz und der thermische Speicher mit klimaneutraler Wärme gespeist werden. In den weiteren Zeiträumen gewährleistet die KWK-Anlage in Kombination mit dem geladenen Speicher die Wärmeversorgung, wobei der erzeugte Strom (teilweise) wieder direkt in der Wärmepumpe genutzt werden kann. Der integrierte Ansatz des Versorgungskonzeptes kann dabei weiter zur Flexibilität des Energiesystems beitragen. Aufgrund der beschriebenen Kombination eignen sich für die Installation der Wärmepumpe insbesondere Standorte mit vorhandenen KWK-Anlagen und erschließbaren Wärmequellen. Langfristig sollte die Speisung einzelner Fernwärmenetze bzw. Teilnetze ausschließlich über eine Großwärmepumpe, bspw. in Form einer Flusswärmepumpe, möglich sein. [77]

**Anwendung im urbanen Raum**

Grundsätzlich kann das Konzept in jenen Siedlungstypen sinnvoll angewendet werden, in denen eine entsprechende Wärmequelle für die Wärmepumpe vorhanden ist und Wärmenetze aufgrund ausreichend hoher Wärmebedarfs- und Wärmeliniendichten (insbesondere ST3 - ST7) realisierbar sind. Wärmequellen, wie Still- und Fließgewässer, Abwasser oder Grubenwasser, sind dabei nicht pauschal einzelnen Siedlungstypen zuzuordnen, sondern sind je nach lokalen Begebenheiten in urbanen Räumen und den entsprechenden Siedlungstypen vorhanden. Weiter erfüllen die Siedlungstypen ST3 und ST4 die erzeugungsseitigen Anforderungen für die Umsetzung des Konzeptes in Verbindung mit Erdwärme als Wärmequelle aufgrund der vorhandenen unversiegelten Flächen in Form von Abstandsfläche. Bei der Integration in bestehende Wärmenetze ist deren Temperaturniveau sowie das geforderte Temperaturniveau der Abnehmer zu beachten.[78, 79, 80]

**Relevante Akteure**

Eigentümer und Betreiber der Großwärmepumpen könnte direkt das Fernwärmeunternehmen, bspw. das lokale Stadtwerk oder ein rein privatwirtschaftlicher Akteur, sein, in dessen Wärmenetz die Großwärmepumpe einspeist. Dieses könnte auch Eigentümer des Grundstücks sein, auf dem sich die Wärmepumpe befindet. Jedoch wären auch andere Akteure, wie Wohnungsbauunternehmen oder dritte öffentliche oder private Akteure

[77] Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart, 2008.
[78] Technische Universität Darmstadt, 2012.
[79] Bundesverband Wärmepumpen e.V., 2018.
[80] HEA - Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e. V., 2011.

als Grundstückseigentümer denkbar. Alternativ könnte die Großwärmepumpe auch im Eigentum eines Dritten sein und im Rahmen eines Contractings von dem Fernwärmeunternehmen oder einem dritten Akteur betrieben werden.

Großwärmepumpen können neben dem Einsatz in Wärmenetzen auch zur Bereitstellung von industrieller Prozesswärme eingesetzt werden, wobei jedoch rund 87 Prozent dieser Prozesswärme auf Temperaturniveau jenseits von 100 °C benötigt wird. Somit ist das Potenzial von Großwärmepumpen bereits ohne Berücksichtigung der inhomogenen Produktionsprozesse in der Industrie per se limitiert. Effizient erzielbare Temperaturhübe liegen bei 30 °C – 80 °C, wobei die erzielbare Temperatur von Prototypen aktuell bei rund 120 °C liegt. Je geringer der Temperaturhub, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe. Jahresarbeitszahlen bewegen sich bei 2,8 und bei Idealbedingungen bei bis zu 4,4.[81, 82]

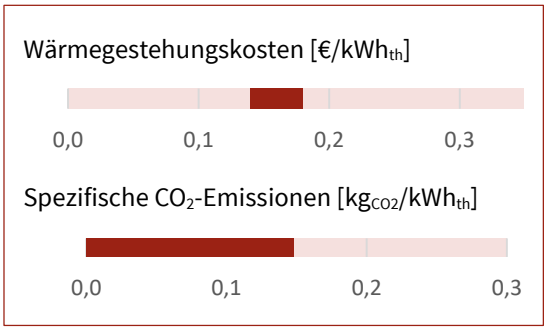
**Praxisbeispiel Fernwärme Wien**

Im Kraftwerk Wien Simmering wurde 2017 die stärkste Großwärmepumpe Mitteleuropas gebaut. Zwei baugleiche Wärmepumpen entziehen hierbei die Wärme aus dem bis zu 27 °C warmen Kühlwasser der bestehenden Gas-KWK-Anlage und können die Temperatur von 6 °C auf 95 °C anheben. Zusätzlich kann die Umgebungswärme des Donaukanals direkt genutzt werden. Die thermische Leistung liegt bei rund 28 bis 40 MW. Über das Fernwärmenetz können ca. 25.000 Haushalte versorgt werden und laut eigenen Angaben rund 40.000 t $CO_2$ pro Jahr eingespart werden.

Durch die Integration der Wärmepumpe in bestehende Anlagen mussten in diesem Fall z.B. für die Nutzung des Flusswassers keine neuen Genehmigungen eingeholt werden und das Projekt konnte laut eigener Angaben schnell umgesetzt werden. Die Großwärmepumpe ist im März 2019 ans Netz gegangen, die Investitionssumme belief sich auf 15 Mio. Euro.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Aus ökonomischen Gesichtspunkten hemmen die im Vergleich zu konventionellen Referenztechnologien höheren Wärmegestehungskosten den Einsatz. Zusätzlich setzen die gesetzlichen Förderbedingungen noch nicht genügend Anreize für den Umbau der Wärmenetze, um Wärme aus erneuerbaren Energien zu integrieren. Ein Förderprogramm des Bundes im Bereich der systemischen Förderung („Basisprogramm“) für Erneuerbare-Energien-Fernwärmetechnologien sollte schnell eingeführt werden. Zusätzlich können Anreize auf Bundes- und Landesebene auch durch eine Vereinfachung der Fördermechanismen und eine Vereinheitlichung von Förderprogrammen erreicht werden. Langfristige Lenkungswirkung ist auch durch eine wirksame zukünftige Bepreisung von $CO_2$ im nETS zu erwarten, um die wirtschaftliche Attraktivität des regenerativ erzeugten Einsatzstoffes gegenüber fossilen Energieträgern zu steigern.




Zu den Wärmegestehungskosten und spezifischen $CO_2$-Emissionen siehe links (eigene Darstellung BBHC nach[83, 84, 85, 86, 87, 88]).

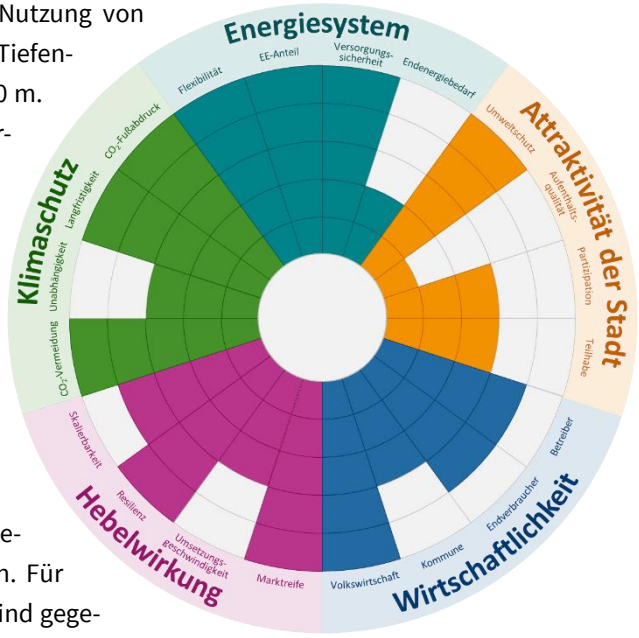
Insbesondere ist wirtschaftlich hemmend, dass Wärmepumpen als Letztverbraucher im Sinne der Definitionen in § 3 Nr. 25 EnWG und auch § 3 Nr. 33 EEG 2017 gelten und daher grundsätzlich alle Letztverbraucherabgaben tragen müssen. Steuern, Abgaben und Umlagen sind zudem

[81] Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart, 2008.
[82] Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart, 2014.
[83] Bundesnetzagentur, 2019.
[84] Wagner, W., 2009.
[85] Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2012.
[86] Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart, o. J.
[87] Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, 2019.
[88] Umweltbundesamt, 2018.

durchweg nicht am $CO_2$-Ausstoß der Wärmebereitstellung ausgerichtet. Eine sektorenübergreifende und technologieneutrale Reform des Systems staatlich induzierter Preisbestandteile – insbesondere eine Reduzierung der wirtschaftlich relevantesten Strompreiskomponenten Stromsteuer, Netzentgelten und EEG-Umlage – kann Anreize für die Nutzung von Wärmepumpen setzen. In einem ersten Schritt wäre eine Umlagenbefreiung für Wärmepumpen mit systemdienlicher Fahrweise im Sinne der Sektorenkopplung anzustreben.

Ein flächendeckender Einsatz von Wärmepumpen in Wärmenetzen erfordert Abnehmer, deren Wärmebedarf effizient und über eine lange Dauer über die Wärmepumpe gedeckt werden kann. Der energetische Zustand der Gebäude ist häufig nicht ausreichend für die ausschließliche Wärmeversorgung über eine Großwärmepumpe, was hinderlich für die Verbreitung im größeren Maßstab ist. Um die Sanierungsrate erheblich zu steigern, ist es von entscheidender Bedeutung, Anreize für die energetische Modernisierung von Bestandsgebäuden zu setzen. Es ist daher wünschenswert, dass der Bundesgesetzgeber zeitnah eine entsprechende steuerliche Förderung auf den Weg bringt und sich um einen gerechten Ausgleich der Mehrkosten für Vermieter bemüht, der auch die Mieter nicht unangemessen belastet. In Betracht käme eine Anpassung der Kaltmiete in Höhe der erwarteten Einsparungen bei den Nebenkosten für den Mieter („Warmmietenneutralität“). Sowohl der Bund als auch die Länder könnten zudem die Erstellung und Umsetzung von gebäudeindividuellen Sanierungsfahrplänen attraktiver machen, um einen zusätzlichen Anreiz für Gebäudeeigentümer zu Sanierungen und Modernisierungen zu schaffen.

### 3.1.2 Konzept: Einbindung von Tiefengeothermie in Wärmenetzen




Dieses Versorgungskonzept stellt die klimafreundliche Nutzung von Tiefengeothermie zur Speisung eines Wärmenetzes vor. Tiefengeothermie beschreibt Erdwärme in Abteufungen ab 400 m. Grundsätzlich bestehen zwei nutzbare Arten von geothermischen Lagerstätten, hydro- und petrothermale Lagerstätten. Die über die Geothermiebohrung gewonnene Wärme kann anschließend zur Speisung eines Wärmenetzes oder/und zur Stromerzeugung genutzt werden. Zur Stromerzeugung können beispielsweise Organic-Rankine-Cycle- oder Kalina-Cycle-Anlagen eingesetzt werden. Die Nutzbarkeit von Tiefengeothermie ist abhängig von den geophysikalischen Eigenschaften der Gesteinsschichten. In Deutschland sind das Norddeutsche Becken, der Oberrheingraben sowie das Molassebecken besonders geeignet für geothermale Anwendungen. Für die Errichtung und den Betrieb von Geothermieanlagen sind gegebenenfalls Anzeigepflichten zu beachten und es werden in Abhängigkeit der einzelfallspezifischen Umstände bau-, berg- und wasserrechtliche Genehmigungen benötigt.[89, 90]

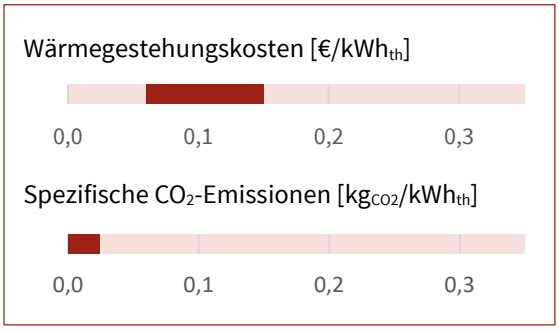
**Anwendung im urbanen Raum**

Das Versorgungskonzept ist grundsätzlich für Siedlungstypen sinnvoll anwendbar, welche in Gebieten mit entsprechendem geologischem Potenzial und Freiflächen liegen sowie Wärmenetze aufgrund ausreichend hoher Wärmebedarfs- und Wärmeliniendichten realisierbar sind. In diesen Fällen kann die geothermal gewonnene

[89] Technische Universität München, 2017.
[90] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2011.

Wärme, bevorzugt von bestehenden Kraftwerksstandorten aus, in existierende Wärmenetze eingespeist werden. Geothermieanlagen können jedoch nicht nur im urbanen Raum selbst installiert werden, sondern auch in angrenzenden Gebieten. Über Anbindungsleitungen an das Wärmenetz kann die Wärmeversorgung in diesen Fällen sichergestellt werden. Das Konzept ist bei entsprechenden Voraussetzungen der geothermalen Lagerstätte aufgrund der erzielbaren Temperaturen unabhängig vom energetischen Standard der zu versorgenden Gebäude einsetzbar. Die dargestellten Wärmegestehungskosten nehmen aufgrund von mangelnden Daten Bezug auf eine existierende Projektkonzeptionierung in der Literatur. Die Wärmegestehungskosten in anderen Projekten können somit aufgrund der spezifisch vorherrschenden Rahmenparameter von den hier dargestellten Wärmegestehungskosten abweichen. Wärme aus Tiefengeothermie ist jedoch grundsätzlich durch hohe Investitionskosten und niedrige Grenzkosten gekennzeichnet.[91]

Neben der Wärmeversorgung von Wohngebäuden kann Geothermie auch zur Versorgung von Nichtwohngebäuden sowie in den Sektoren GHD und Industrie bei den entsprechenden Rahmenparametern auf Nachfrage- und Erzeugungsseite eingesetzt werden. Durch Hybridanlagen (bspw. Geothermie in Kombination mit einer Biomasseanlage) kann dabei das Temperaturniveau der Wärme angehoben werden, sodass auch Prozesse mit höheren Temperaturen versorgt werden können.[92]




Abhängig von geologischen Gegebenheiten und der Teufe können Temperaturen > 120 °C erzielt werden.[93]

Zu den Wärmegestehungskosten und spezifischen $CO_2$-Emissionen siehe links (eigene Darstellung BBHC nach [94, 95, 96, 97, 98, 99, 100]).

**Relevante Akteure**

Eigentümer und Betreiber der Tiefengeothermie-Anlage könnte direkt das Fernwärmeunternehmen, bspw. das lokale Stadtwerk oder ein rein privatwirtschaftlicher Akteur sein, in dessen Wärmenetz die Tiefengeothermie-Anlage einspeist. Diese könnten auch Eigentümer des Grundstücks sein, auf dem sich die Tiefengeothermie-Anlage befindet. Jedoch wären auch andere Akteure wie Wohnungsbauunternehmen oder dritte öffentliche oder private Akteure als Grundstückseigentümer denkbar. Alternativ könnte die Tiefengeothermie-Anlage auch als Contracting von dem Fernwärmeunternehmen oder einem dritten Akteur betrieben werden.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Passende Projektstandorte für Tiefengeothermie hängen insbesondere von den geologischen Potenzialen, der Wärmenachfrage und Netztypologie (Temperaturniveaus) in Fernwärmenetzen sowie von der lokalen Akzeptanz ab. Zudem bestehen teilweise Akzeptanzfragen zur Technologie in der Bevölkerung. Die Schaffung einer öffentlichen **Informationsstelle/-quelle**, auf die sich in den Geothermieprojekten bezogen werden kann, wäre ein geeigneter Beitrag zur Steigerung der Akzeptanz der Geothermie in der Bevölkerung.

[91] Technische Universität Darmstadt, 2012.
[92] Bieberbach & Geller, 2015.
[93] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2011.
[94] Bundesnetzagentur, 2019.
[95] Wagner, W., 2009.
[96] Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2012.
[97] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2019c.
[98] Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, 2019.
[99] Umweltbundesamt, 2018.
[100] Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., o.J.

Von der Planung bis zur Inbetriebnahme einer Geothermieanlage können wegen umfangreicher Vorarbeiten (Standortsuche, Probebohrungen, Genehmigungsverfahren etc.) teils mehrere Jahre vergehen. Für den Anlagenbetreiber stellt dieser **lange Realisierungszeitraum** neben dem Fündigkeitsrisiko auch ein wirtschaftliches Risiko dar. Eine Straffung und Angleichung der erforderlichen Genehmigungsverfahren in den zuständigen Bundes- und Landesbehörden, würde das wirtschaftliche Risiko auf der regulatorischen Ebene mindern und könnte so einen Investitionsanreiz setzen.

Hohe **Kapitalkosten** für die Geothermie stehen niedrigen Grenzkosten gegenüber. Die gesetzlichen Förderbedingungen setzen noch nicht genügend Anreize für die Erschließung der Tiefengeothermie (MAP) und den Umbau der Wärmenetze (KWKG, Wärmenetze 4.0), um Wärme aus erneuerbaren Energien zu integrieren. Ein Förderprogramm des Bundes im Bereich der systemischen Förderung (bspw. Basis Programm) für Erneuerbare-Energien-Fernwärmetechnologien sollte schnell eingeführt werden. Zusätzlich können Anreize auf Bundes- und Landesebene auch durch eine Vereinfachung der Fördermechanismen und eine Vereinheitlichung von Förderprogrammen erreicht werden. Insbesondere die Wärmenetze müssen so aus- und umgebaut werden, dass ein wesentlich größerer Anteil erneuerbarer Energien in die bereits bestehenden Netze integriert werden kann, zum Beispiel mittels geeigneter Maßnahmen zur Absenkung des Temperaturniveaus. Langfristige Lenkungswirkung ist auch durch eine wirksame zukünftige Bepreisung von $CO_2$ im nETS zu erwarten, um die wirtschaftliche Attraktivität des regenerativ erzeugten Einsatzstoffs gegenüber fossilen Energieträgern zu steigern.

Die Profitabilität der Geothermie könnte durch Konkurrenz mit anderen erneuerbaren Wärmeenergieträgern, wie beispielsweise Solarthermie eingeschränkt werden. Dies ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Solange erneuerbare Energien jedoch fossile Energieträger in der Fernwärme verdrängen, ist dies grundsätzlich zu begrüßen. Die kommunale Wärmeplanung sollte als festen Bestandteil kommunale Planungsinstrumente verankern, damit strategische Planung ermöglicht werden kann.

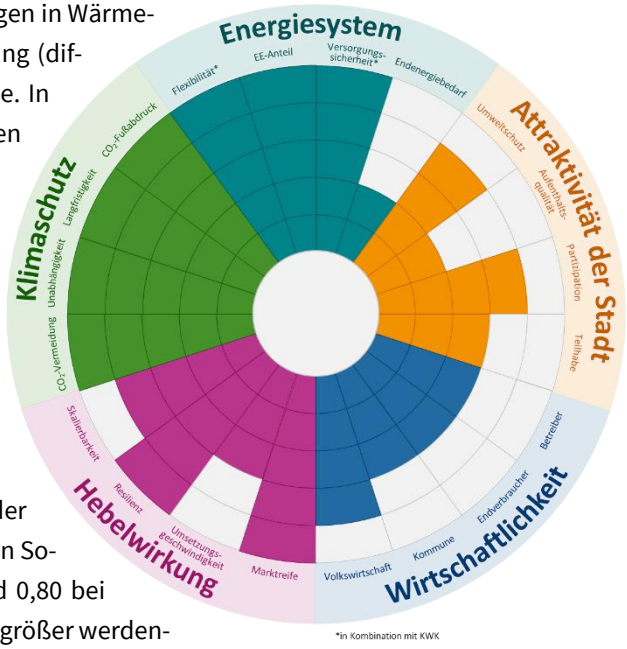
**Praxisbeispiel $CO_2$-neutrale Fernwärme München**

Die Stadtwerke München (SWM) haben sich zum Ziel gesetzt, ihre Fernwärme bis 2040 $CO_2$-neutral bereitzustellen. In den Stadtteilen Riem, Sauerlach und Freiham sind hierfür bereits Geothermieanlagen mit Bohrtiefen zwischen 2.500 und über 4.000 Metern, Thermalwassertemperaturen zwischen 90 und 140 °C und einer Wärmeleistung von zusammen rund 30 MW in Betrieb. Aktuell finden in der Münchner Innenstadt am Standort Heizkraftwerk Süd weitere Bohrungen statt. Die Anlage soll ab dem Jahr 2020 mehr als 50 MW in die Wärmenetze einspeisen und somit 80.000 Bürger mit erneuerbarer Wärme versorgen können. Die erwartete Thermalwassertemperatur liegt bei 100 °C. Bis 2025 ist der Bau drei weiterer Geothermieanlagen geplant.

Zusätzlich wird das Fernwärmenetz aus- und umgebaut, um die erneuerbaren Energien effizient einbinden zu können. Auch die Anpassung von Hausinstallationen ist notwendig, um ein optimales Temperaturgefälle zwischen Vor- und Rücklauftemperaturen zu erreichen. Zusätzlich zur Geothermie ist der Einsatz erneuerbarer Gase, wie Biogas und Windgas geplant.

### 3.1.3 Konzept: Einbindung von Solarthermie in Wärmenetzen

In diesem Versorgungskonzept speisen Solarthermieanlagen in Wärmenetze ein. Solarthermieanlagen nutzen die Globalstrahlung (diffuse und direkte Strahlung) zur Bereitstellung von Wärme. In Kombination mit einer KWK-Anlage und einem thermischen Speicher stellt das Versorgungskonzept eine effiziente Möglichkeit dar, um Fernwärme $CO_2$-arm bereitzustellen. Der thermische Speicher dient im Sommer bei Erzeugungsspitzen dazu, die solar bereitgestellte Wärme zwischenzuspeichern und im Winter zur effizienteren/flexibleren Auslastung der KWK-Anlage. Das Fernwärmenetz dient in diesem Konzept als Speicher für die Solarthermie-Anlage.[101, 102]




Der Wirkungsgrad (Verhältnis von Einstrahlungsleistung der Sonne und der Leistung, welche sich mit einer thermischen Solaranlage daraus erzeugen lässt) liegt zwischen 0,50 und 0,80 bei Temperaturhüben von bis zu 120 °C, nimmt allerdings mit größer werdendem Temperaturhub ab.[103]

**Anwendung im urbanen Raum**

Das Versorgungskonzept lässt sich sowohl durch mehrere Dach- oder Fassadenanlagen als auch durch Freiflächenanlagen an einem Standort umsetzen. Aufgrund des erzielbaren Temperaturniveaus lässt sich das Versorgungskonzept theoretisch in allen Siedlungstypen anwenden, bei denen die Wärmedichte hoch genug ist, um ein Wärmenetz zu betreiben (ST3-ST7). Praktisch existieren jedoch weitere Rahmenparameter, die bei einer Umsetzung des Konzeptes zu beachten sind. Da Solarthermie-Lösungen grundsätzlich flächenintensiv sind, eigenen sich Siedlungstypen mit großen zusammenhängen Freiflächen (Dach- oder Bodenflächen) besonders für dieses Konzept. Hierbei konkurrieren Solarthermieanlagen jedoch aufgrund der begrenzt verfügbaren Flächen mit anderen Technologien (bspw. PV-Anlagen) und Nutzungsmöglichkeiten (bspw. urbane Grünflächen). Weiterhin sind für eine ideale Ausnutzung der globalen Strahlung nicht verschattete und nach Süden ausgerichtete Flächen erforderlich. Solarthermieanlagen können jedoch nicht nur im urbanen Raum selbst installiert werden, sondern auch in angrenzenden Gebieten. Die Wärmeversorgung der Nutzer erfolgt dann über Anbindungsleitungen an das Wärmenetz. Bei der Integration in bestehende Wärmenetze ist deren Temperaturniveau sowie das geforderte Temperaturniveau der Abnehmer zu beachten. Das Fernwärmenetz ist in diesem Konzept Speicher für die Solarthermie-Anlage.[104, 105]

[101] Technische Universität Dresden, 2015.
[102] AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., 2013.
[103] Viessmann Deutschland GmbH, 2019.
[104] Technische Universität Darmstadt, 2012.
[105] Wüstenrot Stiftung, 2014.

**Relevante Akteure**

Eigentümer und Betreiber der Solarthermie-Anlage könnte direkt das Fernwärmeunternehmen, bspw. das lokale Stadtwerk oder ein rein privatwirtschaftlicher Akteur, sein, in dessen Wärmenetz die Solarthermie-Anlage einspeist. Dieses könnte auch Eigentümer des Grundstücks bzw. des Hauses sein, auf dem sich die Solarthermie-Anlage befindet. Jedoch wären auch andere Akteure wie Wohnungsbauunternehmen oder dritte öffentliche oder private Akteure als Grundstücks- bzw. Hauseigentümer denkbar. Alternativ könnte die Solarthermie-Anlage auch im Eigentum eines Dritten sein und im Rahmen eines Contractings von dem Fernwärmeunternehmen oder einem dritten Akteur betrieben werden.

**Praxisbeispiel Solar Heat Grid Ludwigsburg**

Um den Anteil fossiler Energieträger im Fernwärmenetz zu senken bauen die Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim im Rahmen des Modellprojekts SolarHeatGrid die größte Solarthermieanlage Deutschlands und integrieren diese in das bestehende Wärmenetz. Hierfür werden Flachkollektoren auf einer Fläche von 14.800 $m^2$ mit einer Spitzenleistung von 9 MW gebaut. Zusätzlich wird in der Nähe des Holzheizkraftwerkes (HHKW) ein Speicher von 2.000 $m^3$ errichtet. Dieser dient im Sommer zur Zwischenspeicherung der tagsüber erzeugten Wärme aus der Solarthermie und kann im Winter für den verbesserten Betrieb des HHKW genutzt werden. Auch die bestehenden fossil betriebenen Heizwerke sind im Netz integriert. Bisher erfolgte die Verlegung von rund 5 km Fernwärmeleitung. Baubeginn für den Wärmespeicher war im Sommer 2019, die Inbetriebnahme soll im Frühjahr 2020 erfolgen.

Laut Angaben der Projektbeteiligten war die Planungsphase des Projekts sehr zeitintensiv, da diverse Gutachten und Untersuchungen (Artenschutz, Kampfmittelverdachtsfläche, Archäologie) nötig waren sowie Auflagen zu umfangreicher Freiflächenplanung erfüllt werden mussten. Die Begrenzung des Förderzeitraums auf drei Jahre sorgte für erheblichen Zeitdruck im Projekt. Die Bau- und Umsetzungsphase wird als deutlich weniger zeitintensiv eingeschätzt. Insgesamt wird mit einer jährlichen Wärmeproduktion von 5.500 MW und einer $CO_2$-Einsparung von 3.700 t/a gerechnet.

**Praxisbeispiel Solarthermie-Initiative Freiburg**

Die Stadt Freiburg hat 2015 mit der „Solarthermie-Initiative“ ein Demonstrationsprojekt umgesetzt, um das Potenzial von Solarthermie in Mehrfamilienhäusern deutlich zu machen. Das Projekt entstand mit einer Förderung des Badenova Innovationsfonds und in Zusammenarbeit mit dem Bauverein Breisgau eG und dem Fraunhofer ISE. Im Rahmen des Projekts wurden auf einem denkmalgeschützten Gebäudeensemble mit zehn Mehrfamilienhäusern und 92 Wohneinheiten insgesamt 76 Flachkollektoren mit einer Gesamtfläche von 191 $m^2$ und einer Nennleistung von 150 $kW_{th}$ installiert. Diese wurden in ein Mikrowärmenetz mit zehn Wärmespeichern, einem BHKW (20 $kW_{el}$ und 47 $kW_{th}$) und einem gasbetriebenen Spitzenlastkessel (450 kW) integriert. Das Wärmemanagement wurde über dezentrale Kontrollsysteme realisiert.

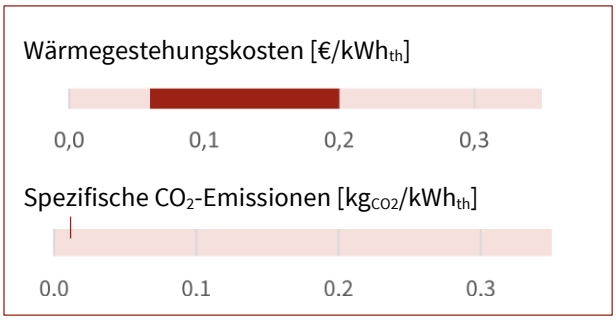
Nach zweijähriger Betriebserfahrung zeigte sich, dass im Sommer rund 60 Prozent und im Winter 11 Prozent des Wärmebedarfs durch die Solarthermie gedeckt werden können und sie sich mit dem BHKW gut ergänzen lässt. Durch niedrige Rücklauftemperaturen kann ein sehr effizienter Betrieb des Systems realisiert werden. Insbesondere die vollständige regelungstechnische Vernetzung war laut eigener Angaben ein wesentlicher Erfolgsfaktor für das Funktionieren des Gesamtsystems. Durch das Vorhaben werden somit neben der Wirkleistungsbereitstellung weitere Einnahmequellen für erneuerbare Erzeuger erschlossen.

### Spezifische Hemmnisanalyse und Lösungsmöglichkeiten

Auch wenn solarthermische Anlagen im Außenbereich gemäß § 35 Abs. 1 Baugesetzbuch (BauGB)[106] privilegiert genehmigt werden, bestehen in urbanen Ballungsräumen häufig Schwierigkeiten, **passende Standorte** für die Nutzung erneuerbarer Energien zu lokalisieren, zumal für den bestehenden Platz verschiedene Nutzungskonzepte, z.B. Schaffung von Wohnraum, Infrastruktur etc. miteinander konkurrieren.

Insbesondere die Kommunen können bereits zur Verfügung stehende **Instrumente des kommunalen Planungsrechts** für die lokale Energiewende nutzen, beispielsweise indem sie EE-Anlagen am Stadtrand bauplanungsrechtlich ermöglichen und die Weiterleitung der entstandenen Wärme zu den Verbrauchern über die Nutzung von (Fern-)Wärmenetzen fördern. Auch können gezielte Anreize für eine **kommunale Wärmeplanung** in Gemeinden zu einer Optimierung der Standortnutzung für EE-Anlagen beitragen.

**Höhere Wärmegestehungskosten** im Vergleich zu konventionellen Referenztechnologien hemmen den Einsatz aus ökonomischen Gesichtspunkten. Trotz bisheriger Förderung ist Wärme aus Solarthermieanlagen immer noch teuer. Die **Förderung** setzt noch **nicht genügend Anreize** für den Umbau der Wärmenetze, um Wärme aus erneuerbaren Energien zu integrieren.




Zu den Wärmegestehungskosten und spezifischen $CO_2$-Emissionen siehe links (eigene Darstellung BBHC nach[107, 108, 109, 110, 111, 112]).

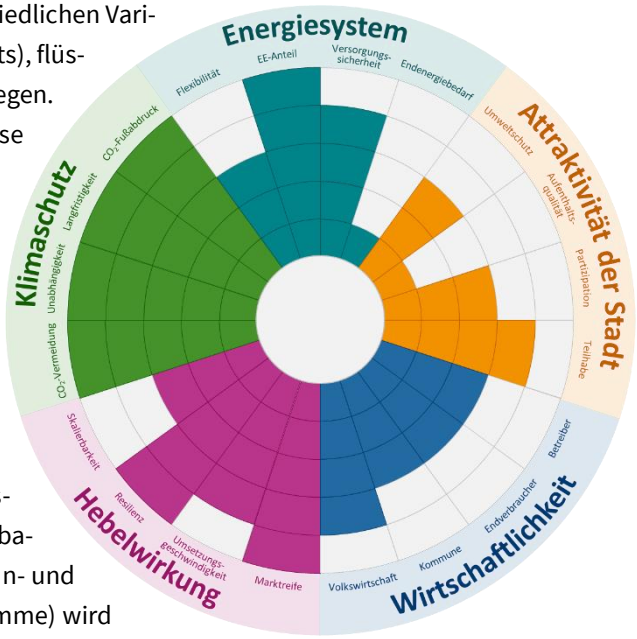
Ein **Förderprogramm des Bundes im Bereich der systemischen Förderung** (bspw. Basis Programm) für Erneuerbare-Energien-Fernwärmetechnologien sollte schnell eingeführt werden. Zusätzlich können Anreize auf Bundes- und Landesebene auch durch eine **Vereinfachung der Fördermechanismen** und eine **Vereinheitlichung von Förderprogrammen** erreicht werden.

Langfristige Lenkungswirkung ist auch durch eine wirksame zukünftige **Bepreisung von $CO_2$** im nETS zu erwarten, um die wirtschaftliche Attraktivität des regenerativ erzeugten Einsatzstoffes gegenüber fossilen Energieträgern zu steigern.

[106] Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634).
[107] Bundesnetzagentur, 2019.
[108] Wagner, W., 2009.
[109] Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2012.
[110] Hamburg Institut Research gGmbH, 2016.
[111] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2019c.
[112] Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, 2019.

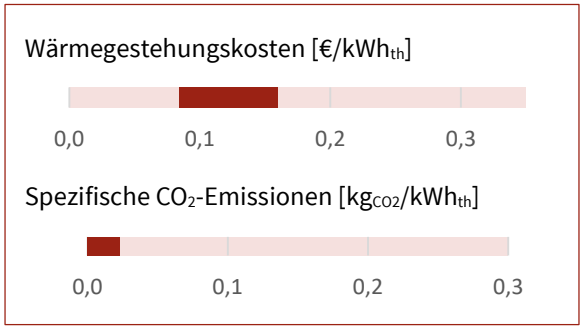
### 3.1.4 Konzept: Energetische Nutzung von Biomasse zur Wärmeversorgung

Die energetische Nutzung von Biomasse kann in unterschiedlichen Varianten erfolgen. Die Biomasse kann dabei fest (bspw. Pellets), flüssig (bspw. Bioheizöl) oder gasförmig (bspw. Biogas) vorliegen. Durch die diversen Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse ist diese flexibel und angepasst an örtliche Rahmenparameter einsetzbar. Flüssige und feste Biomasse erfordert dabei nicht die Verwendung von Infrastrukturen der Energieversorgung. Dies kann insbesondere in Räumen ohne vorhandene Gasnetzinfrastruktur von Vorteil sein. Biomasse kann weiter gebäudeintegriert oder in Heiz(kraft)werken zur Fernwärmebereitstellung eingesetzt werden. Dabei kann die gekoppelte Nutzung von Biomasse zur Stabilität und Flexibilisierung des Energiesystems beitragen. Durch die energetische Nutzung von in urbanen Räumen anfallenden Biomassen (u. a. Bioabfälle, Grün- und Holzschnitte, Altholz, Produktionsnebenprodukte, Schlämme) wird das vorhandene Potenzial effizient genutzt.[113]




**Anwendung im urbanen Raum**

Durch die vielfältigen Varianten, in denen Biomasse vorliegt und genutzt werden kann, ist diese in urbanen Räumen flexibel und vielfältig anwendbar. Dies gilt dabei sowohl für alle Siedlungstypen (ST1-ST7) als auch für die Art der Versorgung über Wärmenetze und gebäudeintegrierte Lösungen. Zusätzlich ist eine Anwendung theoretisch – aufgrund des erzielbaren Temperaturniveaus unabhängig von dem energetischen Zustand des Gebäudes – weiter möglich. Gasförmige Biomasse ist dabei durch flächendeckend verlegte Gasnetze im urbanen Raum einsetzbar. Feste Biomasse, bspw. Pellets, wird in der Regel mittels Straßentransport zu den Verbrauchern geliefert und anschließend in entsprechenden Tanks im Gebäude oder in dessen Nähe gelagert. Hierbei können insbesondere in innerstädtischen Siedlungstypen (ST5-7) Restriktionen aufgrund des verfügbaren Platzes sowie des hohen Verkehrsaufkommens auftreten. Weiter können bei der Verbrennung und der Belieferung Feinstaubpartikel in die Umgebungsluft gelangen.[114]




Zu den Wärmegestehungskosten und spezifischen $CO_2$-Emissionen siehe links (eigene Darstellung BBHC nach[115, 116, 117, 118, 119, 120, 121]).

[113] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2014.
[114] Technische Universität Darmstadt, 2012.
[115] Bundesnetzagentur, 2019.
[116] Wagner, W., 2009.
[117] Verband deutscher Biomasseheizwerke, 2010.
[118] Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart, 2016.
[119] Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2012.
[120] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2019c.
[121] Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, 2019.

Neben der Wärmeversorgung von Wohngebäuden ist Biomasse auch für die Bereitstellung von industrieller Prozesswärme und die Wärmeversorgung von Nicht-Wohngebäuden mit speziellen Anwendungen, bspw. Krankenhäuser mit einer Dampfsterilisation, geeignet.[122]

**Relevante Akteure**

Betreiber und Eigentümer der Anlage, in der Biomasse zur Wärmebereitstellung genutzt wird, ist zumeist der Gebäudeeigentümer. Dabei kann es sich um öffentliche Wohnungsunternehmen, privatwirtschaftliche Unternehmen oder Privatpersonen handeln. Eigentümer und Betreiber kann auch im Rahmen eines Contractings ein dritter Akteur sein. Biomasse-Lieferant könnten das lokale Stadtwerk oder privatwirtschaftliche Akteure sein.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Der erhebliche Ausbau der Wärmeversorgung auf Basis von Biomasse kann auf lange Sicht zu Versorgungsengpässen führen, da es sich bei Biomasse um einen endlichen (wenn auch nachwachsenden) Rohstoff handelt. Insbesondere spielt hier auch die Nutzungskonkurrenz zur Erzeugung von Nahrungsmitteln sowie zu anderen Anwendungen eine Rolle, beispielsweise als industriellen Rohstoff zur stofflichen Verwendung oder für Hochtemperaturprozesse. Die Bundesregierung sollte daher eine **nationale Biomassestrategie** erarbeiten, aus der auch die Rolle von Bioenergie als Teil einer diversen und ausgeglichenen Wärmeversorgungsstruktur deutlich wird. Ziel sollte die Gewährleistung einer ausgewogenen Nutzung landwirtschaftlicher Flächen sein. Zudem sollten Nutzungskonkurrenzen minimiert, Knappheiten entgegengewirkt und ein optimaler Einsatz von Biomasse im Gesamtsystem gewährleistet werden.

Zudem wird die Nutzung von Bioenergie durch teilweise höhere Wärmegestehungskosten im Vergleich zu konventionellen Referenztechnologien gehemmt. Die gesetzlichen Förderbedingungen setzen noch nicht genügend Anreize für den Umbau der Wärmenetze, um Wärme aus erneuerbaren Energien zu integrieren. Es sollte daher rasch ein Förderprogramm des Bundes im Bereich der systemischen Förderung (bspw. Basis-Programm) für Erneuerbare-Energien-Fernwärmetechnologien eingeführt werden. Zusätzlich können Anreize auf Bundes- und Landesebene auch durch eine Vereinfa-

**Praxisbeispiel Deutscher Bundestag**

Im Rahmen des Umbaus des Reichstagsgebäudes in Berlin wurde in den 1990er-Jahren ein Energiekonzept umgesetzt, das weitgehende Nutzung regenerativer Primärenergiequellen der Bundestagsgebäude in einem Gebäudeverbund anstrebt. In Biodiesel-betriebenen BHKWs wird Strom erzeugt und die Abwärme aus den Motoren und den Abgasen für die Wärmebereitstellung genutzt. Der Biodiesel wird aus Raps hergestellt, der laut eigenen Zielsetzungen aus einem Vegetationsgebiet mit geringer Entfernung zu Berlin stammt. Zusätzlich stehen vier Heizkessel für die Wärmeversorgung im Winter bereit.

Im Sommer nutzen Absorptionskältemaschinen einen Teil der Motorenabwärme für die Gebäudekühlung. Besteht im Frühjahr und Herbst weder Wärme- noch Kältebedarf, wird die überschüssige Wärme in einen unterirdischen geothermischen Speicher gepumpt. Bei Bedarf kann die Wärme dann über Wärmepumpen wieder genutzt werden. Durch die Wärmeentnahme wird das Wasser abgekühlt und als Kältespeicher in ca. 60 m Tiefe eingespeichert werden. Dieses Wasser kann im Sommer zur Kühlung der Gebäude eingesetzt werden.

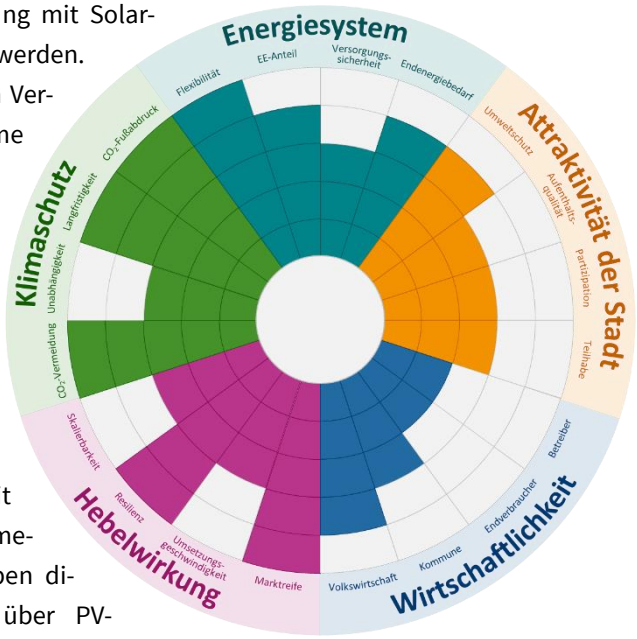
Zur Stromversorgung sind außerdem ca. 3.600 $m^2$ Photovoltaik-Module installiert. In den ersten Jahren wurde der Betrieb laufend optimiert. Die Betriebserfahrungen zeigen, dass ca. 60 Prozent der in den Wärmespeicher eingelagerten Nutzwärme aus dem BHKW wieder entnommen und genutzt werden.

Da die Verbrauchscharakteristik der Gebäude sehr speziell ist und die Nutzung des Untergrunds als Wärme- und Kältespeicher nur aufgrund der lokalen geologischen Gegebenheiten möglich ist, wird die Übertragbarkeit des Konzeptes als eher gering eingeschätzt.

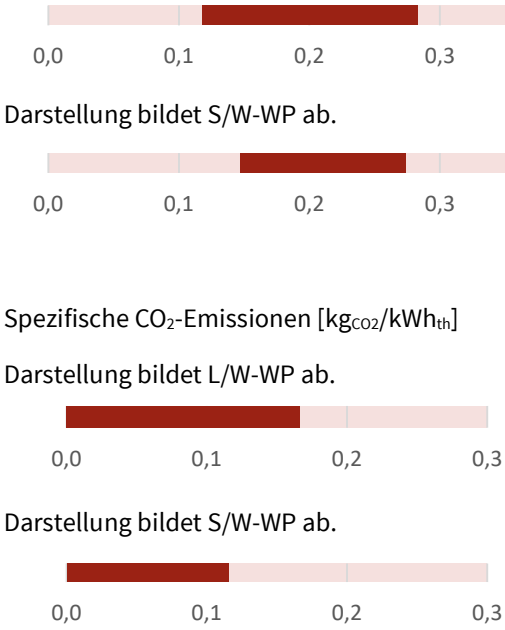
[122] Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart, o. J.

chung der Fördermechanismen und eine Vereinheitlichung von Förderprogrammen erreicht werden. Langfristige Lenkungswirkung ist auch durch eine wirksame zukünftige Bepreisung von $CO_2$ im nETS zu erwarten, um die wirtschaftliche Attraktivität des regenerativ erzeugten gegenüber fossilen Energieträgern zu steigern

### 3.1.5 Konzept: Gebäudeintegrierte Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen




Gebäudeintegrierte Wärmepumpen können in Verbindung mit Solarthermieanlagen und thermischen Speichern eingesetzt werden. Unter Zuführung von mechanischer Energie durch einen Verdichter und Umweltwärme (u.a. Umgebungsluft, Erdwärme mittels Erdkollektor oder -sonde, Grundwasser oder kalte Wärmenetze als Wärmequelle möglich) wird in der Wärmepumpe das Temperaturniveau eines Arbeitsmediums angehoben, welches anschließend Wärme an einen Heizkreislauf überträgt. Der Verdichter wird zumeist mit elektrischer Energie betrieben. Wärmepumpen können bei Anschluss in der Niederspannung dem zuständigen Stromverteilnetzbetreiber als „steuerbare Verbrauchseinrichtung“ nach § 14a EnWG gemeldet werden und somit zur Flexibilität des Energiesystems beitragen. Wenn Wärmepumpen direkt über PV-Anlagen versorgt werden, ist die bereitgestellte Wärme zu gewissen Zeitpunkten emissionsneutral. Die direkte PV-Strom-Nutzung kann durch thermische Speicher erhöht werden. Neben Strom können zum Betrieb der Wärmepumpe auch gasförmige Brennstoffe eingesetzt werden, beispielsweise Erdgas, Biomethan oder synthetische Gase. Abhängig von der Primärwärmequelle können verschiedene Temperaturniveaus erzielt werden. Am verbreitetsten sind Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP), welche die Umgebungsluft als Wärmequelle nutzen, und Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP), welche Erdwärme nutzen.[123]




Effizient erzielbare Temperaturen sind < 60 °C für L/W-WP und < 70 °C für S/W-WP. Die Jahresarbeitszahlen bewegen sich bei 2,1 – 4,2 (L/W) bzw. 2,2 – 5,4 (S/W.)[124] Zu Wärmegestehungskosten und spezifischen $CO_2$-Emissionen siehe links (eigene Darstellung BBHC nach [125,126,127,128,129]).

[123] Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung, 2014.
[124] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, 2017.
[125] Bundesnetzagentur, 2019.
[126] Wagner, W., 2009.
[127] Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2012.
[128] Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, 2019.
[129] Umweltbundesamt, 2018.

### Anwendung im urbanen Raum

Das Versorgungskonzept ist insbesondere für Gebäude mit einem hohen energetischen Standard, in welchen große Heizflächen (bspw. Fußboden-, Decken- und Wandheizungen) mit geringen Vorlauftemperaturen installiert sind, geeignet. Eine Barriere für den Einsatz von Wärmepumpen besteht im hohen Anteil von älteren Bestandsgebäuden im urbanen Raum, welche häufig energetisch nicht ausreichend saniert sind.

Das primäre Einsatzfeld der Wärmepumpen ist daher aktuell im Bereich der **Neubauten** zu sehen, wobei der Fokus auf **Ein- und Zweifamilienhäusern** liegt, wie sie in Stadtrandgebieten errichtet werden. Bei den entsprechenden Voraussetzungen (energetischer Standard des Gebäudes, ausreichend dimensionierte Heizflächen, nutzbare Wärmequelle) können Wärmepumpen, insb. S/W-WP, jedoch auch für neue Mehrfamilienhäuser und Bestandsbauten, welche durch Investitionen in die Gebäudehülle und in die gebäudeinterne Anlagentechnik zur Wärmeverteilung den entsprechenden Voraussetzungen genügen, eine Option darstellen. Weiter hemmen hohe Heizlasten, welche insbesondere im ST4 auftreten, und der damit einhergehende hohe Planungsaufwand den Einsatz. Daneben können Geräuschemissionen von L/W-WP (insbesondere in dicht besiedelten Siedlungstypen, wie ST5 – ST7 sowie der notwendige Bedarf an Freiflächen bei S/W-WP den Einsatz von gebäudeintegrierten Wärmepumpen im urbanen Raum limitieren.[130, 131]

### Relevante Akteure

Betreiber und Eigentümer der Anlage zur gebäudeintegrierten Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen könnte der Gebäudeeigentümer sein. Dabei kann es sich um öffentliche Wohnungsunternehmen, privatwirtschaftliche Unternehmen oder Privatpersonen handeln. Eigentümer und Betreiber kann auch im Rahmen eines Contractings ein Dritter sein. Neben der Eigenversorgung durch gebäudeintegrierte Erneuerbare-Energie-Anlagen erfolgt die Versorgung der Wärmepumpe über das Netz der allgemeinen Versorgung.

### Praxisbeispiel GeoHybrid-Anlage Himmel und Erde

Im Neubauprojekt „Himmel und Erde“ in Berlin Pankow wird in einer sog. GeoHybrid-Anlage der Wärmebedarf der 70 Wohneinheiten über 20 Sole-Wasser-Erdwärmesonden und eine 100 kW Wärmepumpe gedeckt. Diese sind kombiniert mit einem erdgasbetriebenen BHKW (33 $kW_{el}$, 71 $kW_{th}$) und 350 $m^2$ Solarabsorber. Die Wärme aus den Erdsonden wird über die Wärmpumpe in einem Niedertemperaturspeicher auf 40 °C erwärmt und in der Fußbodenheizung zur Beheizung der Wohnungen genutzt. Für das Trinkwasser steht ein Hochtemperaturwärmespeicher zur Verfügung, der aus der Nutzwärme des BHKW gespeist wird. Der Energiebedarf der Wärmepumpe wird über das BHKW gedeckt. Die Solarabsorber dienen u. a. der Regeneration der Geothermie.

Insgesamt werden 56 Prozent der Wärme über die Wärmepumpe, 40 Prozent über das BHKW und 4 Prozent über einen Spitzenlastkessel gedeckt. Laut eigener Angaben liegen die Wärmekosten unter 5 ct/kWh und es können rund 20 Prozent $CO_2$ eingespart werden.

Auch eine reine Geothermie-Wärmepumpen-Lösung und die Nutzung von Abwärme aus dem Gebäude wurden im Rahmen des Projektes geprüft. Da hierfür jedoch die Investitions- und Betriebskosten zu hoch ausgefallen wären, wurde eine Hybridlösung mit einem BHKW umgesetzt. Die Wärmekosten liegen nun unter 5 ct/kWh und es können rund 20 Prozent $CO_2$ eingespart werden.

Bei der Umsetzung des Projektes stellten laut eigener Angaben insbesondere die Schnittstellen zwischen Brandschutz, Schallschutz, Energiesystemplanung und Architektur eine große Herausforderung dar, da es einer integralen Planung und viel Fachwissen bedarf um ein Projekt dieser Art sinnvoll umsetzten zu können. Die Anlage ist seit 2015 in Betrieb.

[130] Technische Universität Darmstadt, 2012.
[131] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2017.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Wärmepumpen gelten als Letztverbraucher im Sinne von § 3 Nr. 25 EnWG und § 3 Nr. 33 EEG 2017. Daher müssen grundsätzlich alle **Letztverbraucherabgaben** (EEG-Umlage, Netzentgelte, Stromsteuer etc.) gezahlt werden, wodurch der Einsatz von Wärmepumpen unwirtschaftlich sein kann. Die Energie- und Stromsteuer sind nicht an dem $CO_2$-Ausstoß für die Wärmebereitstellung ausgerichtet. Die fehlende Bepreisung von $CO_2$ führt somit zu einer Benachteiligung gegenüber konventionellen, fossilen Energieträgern.

Fallabhängig **höhere Wärmegestehungskosten** im Vergleich zu konventionellen Referenztechnologien hemmen den Einsatz aus ökonomischen Gesichtspunkten. Eine sektorenübergreifende und technologieneutrale **Reform des Steuer-, Abgaben- und Umlagensystems** auf Bundesebene, insbesondere eine Reduzierung der wirtschaftlich relevantesten Strompreisbestandteile Stromsteuer, Netzentgelten und EEG-Umlage kann Anreize für die Nutzung von Wärmepumpen setzen. Langfristige Lenkungswirkung ist auch durch eine wirksame zukünftige **$CO_2$-Bepreisung** im nETS zu erwarten, um die wirtschaftliche Attraktivität der regenerativ erzeugten Wärme gegenüber fossilen Energieträgern zu steigern.

Die aktuelle Sanierungsrate liegt nur bei ca. 1 Prozent. Wärmepumpen können jedoch nur bei möglichst energieeffizienter Gebäudehülle (Neubau, sanierter Altbau) einen ausreichend hohen Wirkungsgrad erzielen. Für Bestandsgebäude gibt es jedoch keine allgemeine Sanierungspflicht und auch sonst zu wenig Anreize, auch finanzieller Art, um möglichst umfassende, energetische Sanierungen vorzunehmen.

Um die Sanierungsrate erheblich zu steigern, ist es von entscheidender Bedeutung, Anreize für die **energetische Modernisierung von Bestandsgebäuden** zu setzen. Es ist daher wünschenswert, dass der Bundesgesetzgeber zeitnah eine entsprechende steuerliche Förderung auf den Weg bringt und sich um einen gerechten Ausgleich der Mehrkosten für Vermieter bemüht, der auch die Mieter nicht unangemessen belastet. In Betracht käme eine Anpassung der Kaltmiete in Höhe der erwarteten Einsparungen bei den Nebenkosten für den Mieter („Warmmietenneutralität“). Sowohl der Bund als auch die Länder könnten zudem die Erstellung und Umsetzung von gebäudeindividuellen **Sanierungsfahrplänen** attraktiver machen, um einen zusätzlichen Anreiz für Gebäudeeigentümer zu Sanierungen und Modernisierungen zu schaffen.

## 3.2 Ansatz: Wärme aus Abwärme

Der überwiegende Teil der Abwärme aus (Industrie- und Gewerbe-) Prozessen, Dienstleistungen, Energieumwandlung oder Abfallentsorgung wird momentan nicht genutzt und teilweise auch unter zusätzlichem Energieaufwand an die Umgebung abgegeben. Diese stellen ungenutzte energetische Potenziale dar, durch deren Ausschöpfung die Wärmeversorgung in urbanen Räumen umweltfreundlicher gestaltet werden kann. So kann Abwärme auf einem niedrigen Temperaturniveau, bspw. aus Abwässern oder sehr effizienten Prozessen, über eine zwischengeschaltete Wärmepumpe nutzbar gemacht werden. Abwärme mit einem höheren Temperaturniveau hingegen kann direkt genutzt werden. Bevor jedoch über die Nutzung von Abwärme nachgedacht wird, sollten alle Potenziale zur Reduzierung der Abwärme durch Effizienzmaßnahmen erschlossen werden.

Wie bereits in den Ansätzen Wärme aus erneuerbaren Energien dargestellt werden auch in diesem Kapitel Klimawirkung und Wirtschaftlichkeit der Versorgungskonzepte aufgezeigt und eine Betrachtung der Anwendung im urbanen Raum bezogen auf die in Teil B Kapitel 1.1.2 beschriebenen **Siedlungstypen (ST1-7**) durchgeführt.

**Exkurs: Typische klimaneutrale Wärmepotenziale für den urbanen Raum**

Abwärme fällt im urbanen Raum an vielen Stellen an. In der industriellen Produktion, im Dienstleistungsbereich, in der Abfallentsorgung und in Energieumwandlungsprozessen. Ein Teil davon wird aufgrund ökologischer und ökonomischer Vorteile bereits prozess-, anlagen- und betriebsintern genutzt. Ein weiterer Teil sollte durch Effizienzmaßnahmen vermieden werden. Die verbleibende, nicht vermeidbare Abwärme im Hochtemperaturbereich (> 300 °C) wird häufig für eine Verstromung eingesetzt. Für den Einsatz in Wärmenetzen verbleibt ein technisch nutzbares Potenzial von bundesweit ca. 11-70 TWh aus dem Mitteltemperatur- (80 °C – 300 °C) und Niedertemperaturbereich (< 80 °C). Dies berücksichtigt jedoch lediglich das aktuell bekannte Potenzial, welches auf Basis von leicht zugänglichen Datenquellen (bspw. BImSch-Genehmigungen) ermittelt worden ist. Detailliertere Untersuchungen aus jüngster Zeit zeigen, dass bei Untersuchung auf Prozessebene der Unternehmen deutlich höhere Potenziale möglich sind. Wie hoch das tatsächliche Potenzial ist, kann daher derzeit nur schlecht abgeschätzt werden.

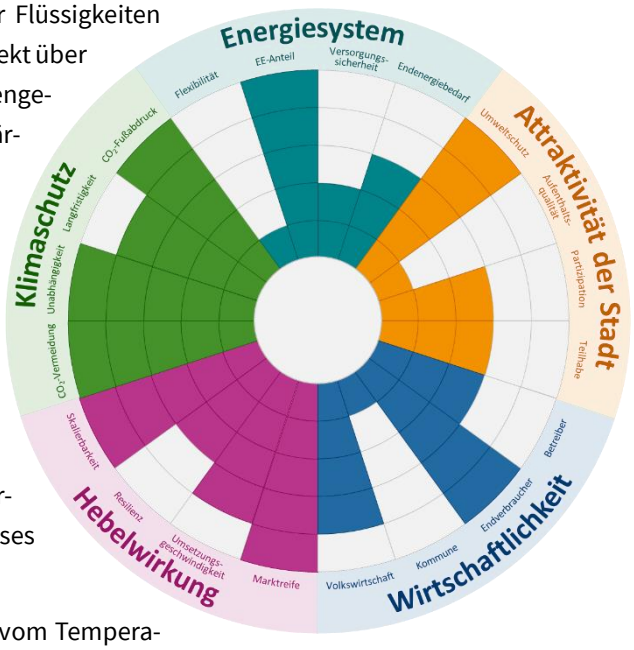
Aber auch das bekannte Potenzial wird aktuell noch nicht voll ausgeschöpft. Da der Fokus von Industrie- und GHD-Unternehmen primär auf ihrem Kerngeschäft und nicht auf der Lieferung von Wärme liegt, ist die Erschließung dieses Potenzials mit einigen Herausforderungen behaftet. Eine unvollständige Kenntnis über lokale Abwärmequellen seitens der Wärmenetzbetreiber und Abwärmesenken seitens der Abwärmeproduzenten, die Anrechenbarkeit $CO_2$-freier Wärme, Unsicherheiten bei der Vertragsgestaltung und die Langfristigkeit der Projekte erschweren es Planern oder Fernwärmenetzbetreibern, die Potenziale zu heben. Zusätzlich stellen Fragen der finanziellen Absicherung, der thermischen Besicherung und der Lieferqualität eine große Herausforderung dar.

In allen Prozessen ist die Abwärmevermeidung der Abwärmenutzung vorzuziehen. Langfristig werden die Potenziale u. a. aus dem Abfallaufkommen aufgrund von Abfallvermeidung und -recycling (zirkulare Kreislaufwirtschaft) absinken und können damit nur noch kurz- bis mittelfristig zur Abwärmeproduktion in den heutigen Größenordnungen genutzt werden.

Die Nutzung von Abwasser-Abwärme kann sowohl auf Ebene der Abwasseraufbereitungsanlage erfolgen oder direkt aus der Kanalisation. Das Potenzial zur Nutzung von Abwasser-Abwärme aus der Kanalisation ist in ST5, ST6 und ST7 (vgl. Teil B, Kapitel 1.1.2) aufgrund der hohen Einwohnerdichte am größten. Auch im ST4 fällt ausreichend Abwasser an, um die Wärme aus der Kanalisation zurückzugewinnen. Die Nutzung von Abwasser-Abwärme bedarf jedoch eines sehr guten energetischen Standards der Gebäude, was aufgrund des Alters der Bausubstanz und z.B. Vorschriften zum Denkmalschutz in Innenstädten oder sozialer Strukturen häufig nicht gegeben ist. In ST1-ST3 ist die Nutzung von Abwasser-Abwärme höchstens direkt am Gebäude interessant. In der Kanalisation ist hier die Durchflussmenge in den meisten Fällen nicht ausreichend, um Wärme aus Abwasser nutzen zu können. Die Abwasser-Abwärme kann auch zur Kühlung genutzt werden z. B. von Bürogebäuden, was künftig eine zunehmende Bedeutung hat.

Rechenzentren werden als Gebäudetypologie aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung zukünftig an Bedeutung gewinnen und somit wird deren nutzbares Abwärmepotenzial weiter zunehmen. In Rechenzentren fällt Wärme vor allem bei der Kühlung in den Serverräumen an. Der Großteil der hier eingesetzten Kühlsysteme basiert auf einer Luftkühlung mit Rücklauftemperaturen von 25 -35 °C. Dadurch fällt deutschlandweit ein mittels Wärmepumpe nutzbares Potenzial von ca. 10,8 TWh aus insgesamt 187 Rechenzentren in Fernwärmegebieten an.

### 3.2.1 Konzept: Einbindung von Abwärme in Wärmenetzen




Abwärme liegt häufig in Form von heißen Abgasen oder Flüssigkeiten vor. Abhängig vom Temperaturniveau kann die Wärme direkt über einen Wärmetauscher oder über eine zusätzlich zwischengeschaltete Wärmepumpe nutzbar gemacht und in ein Wärmenetz eingespeist werden. Das Abwärmeaufkommen ist dabei stets vom Produktionsprozess im jeweiligen Unternehmen abhängig. Die Nutzung der Abwärme erfordert dabei das Finden eines erfolgreichen Interessensausgleichs mehrerer Akteure, wie beispielsweise ein Industrieunternehmen als Bereitsteller der Abwärme, ein Fernwärmenetzbetreiber als Transporteur mit dem bestehenden Netz oder neuer Verbindungsleitung und ggf. einem neuen Teilnetz, die betreffende Kommune als wärmenetzplanende Stelle sowie ggf. Moderator des Prozesses und ggf. verschiedene Dienstleister.[132]

Die Integration in bestehende Wärmenetze ist abhängig vom Temperaturniveau der Abwärme. In der Realität erfolgt der Einsatz auf allen Temperaturstufen in Wärmenetzen, je nach Abwärmetemperatur. Niedertemperaturabwärme müsste bei entsprechendem Bedarf der angeschlossenen Verbraucher mit einem Back-up-System zur Anhebung des Temperaturniveaus versehen werden. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob dies technisch und wirtschaftlich am sinnvollsten mittels Großwärmepumpen, Spitzenlastkesseln oder Power to Heat umgesetzt werden sollte.[133, 134]

In allen Prozessen ist die Abwärmevermeidung der Abwärmenutzung vorzuziehen. Langfristig werden die Potenziale u. a. aus dem Abfallaufkommen aufgrund von Abfallvermeidung und -recycling (zirkulare Kreislaufwirtschaft) absinken und können damit nur noch kurz- bis mittelfristig zur Abwärmeproduktion in den heutigen Größenordnungen genutzt werden.

**Anwendung im urbanen Raum**

Abwärme fällt meist in Industrie und Gewerbegebieten an Stadträndern und weniger in Stadtzentren an. Über sogenannte Anbindungsleitungen sind hierbei das Wärmenetz und die Abwärmequelle miteinander zu verbinden. Die Umsetzung des Konzepts ist unter anderem davon abhängig, dass sich auf eine spezifische Nachfrage auch ein spezifisches Wärmeangebot findet. Das Versorgungskonzept ist somit theoretisch in allen Siedlungstypen zur Wärmeversorgung geeignet, in welchen Wärmenetze aufgrund ausreichender Wärmebedarfs- und Wärmeliniendichten realisierbar sind. Die Integration von Abwärme erscheint aufgrund niedrigerer Investitionskosten insbesondere in bestehende Wärmenetze attraktiv. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist die Nutzung nicht vermeidbarer Abwärme aufgrund der dargestellten Wärmegestehungskosten als sinnvolle Ergänzung zu weiteren Wärmeerzeugern zu sehen. Die Wärmegestehungskosten beziehen sich jedoch aufgrund des Mangels an verfügbaren Daten auf ein realisiertes Projekt in Sindelfingen, sodass eine fallabhängige Untersuchung der gegebene Rahmenparameter aktuell unerlässlich ist. [135]

[132] Hirzel, Sontag, & Rohde, 2013.
[133] Institut für ZukunftsEnergieSysteme, 2015.
[134] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, 2010.
[135] Technische Universität Darmstadt, 2012.

**Relevante Akteure**

Eigentümer und Betreiber der Anlagen zur Einbindung von Abwärme könnte direkt das Fernwärmeunternehmen, bspw. das lokale Stadtwerk oder ein rein privatwirtschaftlicher Akteur sein, in dessen Netz die Wärme eingespeist wird. Dies könnte auch ein Industrieunternehmen bzw. Anlagenbetreiber mit Abwärmepotenzial sein. Jedoch wären auch andere Akteure wie dritte öffentliche oder private Akteure denkbar. Alternativ könnten die Anlagen zur Einbindung von Abwärme auch im Eigentum eines Dritten sein und im Rahmen eines Contractings von dem Fernwärmeunternehmen oder einem dritten Akteur betrieben werden.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

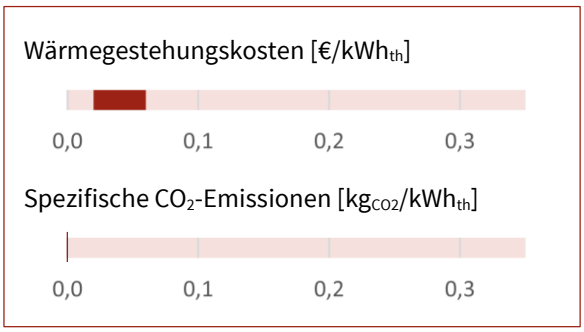
Die gesetzlichen Förderbedingungen setzen nicht genügend Anreize für den Anschluss von Abwärmequellen und den teilweise notwendigen Umbau von Kundenanlagen und Wärmenetzen. Insgesamt sind solche Projekte sehr langfristig angelegt und benötigen daher einen stabilen Förderrahmen über Planung und Umsetzung auch für die Dauer des Betriebs. Anreize können auf Bundes- und Landesebene durch eine **Vereinfachung, Vereinheitlichung und Verstetigung von Fördermechanismen und Förderprogrammen** erreicht werden. Zudem können technologiespezifische Förderprogramme helfen, den Anteil klimaneutraler Abwärme an der Wärmeversorgung zu steigern. Insbesondere die Kundenanlagen und Wärmenetze müssen so um- und ausgebaut werden, dass ein wesentlich größerer Anteil Abwärme in die bereits bestehenden und auch in neue Netze integriert werden kann, zum Beispiel mittels geeigneter Programme zur Absenkung des Rücklauftemperaturniveaus und Investitionen auf der Kundenseite oder einer Aufbereitung der Abwärmequellen.

**Praxisbeispiel Leuchtturm Abwärmenutzung**

In der Hamburger HafenCity Ost haben der Energieversorger Enercity und der Kupferproduzent Aurubis ein gemeinsames Projekt zur Nutzung industrieller Abwärme für die Wärmeversorgung eines Wohngebiets gestartet. Aurubis nutzt bereits einen Großteil der in einem chemischen Nebenprozess der Kupferproduktion entstehenden Abwärme zur Erzeugung von Prozessdampf für den Eigenbedarf. Die Wärme unter 100 °C kann dort jedoch nicht mehr genutzt werden. Diese soll künftig über eine 3,7 km lange Fernwärmeleitung ein Wohnquartier mit 8.000 Haushalten versorgen. Laut Aurubis können dadurch allein in der HafenCity Ost etwa 4.500 t $CO_2$ pro Jahr eingespart werden.

Die erste Wärme fließt bereits seit Oktober 2018. Insgesamt werden aktuell rund 160 $MWh_{th}$ pro Jahr ausgekoppelt, wobei das verfügbare Potenzial noch höher liegt. Laut eigenen Angaben könnten durch die Nutzung der Abwärme von Aurubis gegenüber dem Einsatz fossiler Energieträger rund 140.000 t $CO_2$ pro Jahr eingespart werden. Ein Hemmnis zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit eines solchen Projekts ist, dass außerhalb des Industriebetriebs erzielte $CO_2$-Reduktion nicht dem Betrieb angerechnet werden. Hier könnten beispielsweise ein entsprechender Aufpreis auf die klimafreundliche Wärme oder kostenlos zugeteilte Emissionsberechtigungen ein Anreiz sein. Enercity und Aurubis haben in dieses Projekt insgesamt rund 40 Mio. Euro investiert, wobei ein Teil aus Fördermitteln stammt. Das Projekt ist „Leuchtturm energieeffizienter Abwärmenutzung“ der Deutschen Energie-Agentur.

Teilweise besteht zudem noch keine ausreichende Kenntnis über vorhandene Abwärmepotenziale in der Region bei Wärmeversorgern und Industrieunternehmen. Um die Kommunikation zwischen Abwärme erzeugenden Unternehmen und den Wärmeversorgern zu ermöglichen und so vorhandene Abwärmepotenziale zu identifizieren und zu nutzen, kann die Einrichtung von **Energiedatenplattformen** unter kommunaler Leitung und Verantwortung eine Möglichkeit zur Bündelung derartiger relevanter Informationen darstellen. Sinnvoll sind die Daten der DIN 50.001 oder EMAS zertifizierten Unternehmen zu nutzen und deren Abwärmedaten gebündelt und nach einheitlichem Schema in ein deutschlandweites Kataster zu überführen.




Zu den Wärmegestehungskosten und spezifischen $CO_2$-Emissionen siehe links (eigene Darstellung BBHC nach[136, 137, 138, 139]).

Die Frage, wer die Kosten für die notwendigen Anlagen trägt, ist offen (Fernwärmenetzbetreiber oder Industrieunternehmen). Fernwärmeversorger kalkulieren (in Anlehnung an die GasNEV) mit **hohen Abschreibungsdauern** von 40 Jahren. Die Abschreibungsdauer für Investitionen in der Industrie beträgt in der Regel unter fünf Jahren. Vor diesem Hintergrund könnten Industrieunternehmen die notwendigen Investitionen als kritisch erachten. Der Fernwärmeversorger wird dies nur bei entsprechenden Anreizen bzw. gestützt durch bspw. öffentliche Bürgschaften tun.

Industriebetriebe streben danach, ihre Prozesse so energieeffizient und kostengünstig wie möglich zu gestalten. Dies kann unter Umständen dazu führen, dass nach dem Ergreifen von Effizienzmaßnahmen die vorher geplanten und installierten Anlagen zur Nutzung von Abwärme überdimensioniert sind. Generell können Industrieunternehmen in der Regel keine langlaufenden Lieferverträge zusagen, da ihre Investitions- und Produktzyklen deutlich kürzer sind. Hinzu tritt das Produktionsverlagerungs- und Insolvenzrisiko. Dies führt zu fehlender Planungssicherheit bei Fernwärmeversorgern aufgrund von langen Abschreibungsdauern und der damit einhergehenden langen notwendigen Bindung an Industrieunternehmen und ihre Abwärmelieferungen, die seitens der Unternehmen jedoch nicht garantiert werden können. Für die betreffenden Unternehmen kommt die Schaffung von **Ausfallversicherungen für die Abwärmelieferungen** in Betracht, durch die das wirtschaftliche Risiko abgemildert und somit Planungssicherheit geschaffen werden kann.

**Vorschlag für eine einheitliche Definition von Abwärme**: Wärme, die in einem Prozess entsteht, dessen Hauptziel die Erzeugung eines Produktes oder die Erbringung einer Dienstleistung (inkl. Abfallentsorgung) oder einer Energieumwandlung ist, und die dabei als ungenutztes Nebenprodukt an die Umwelt abgeführt werden müsste und unter eine der folgenden Kategorien fällt: Produktion (z. B. Raffinerien, Stahlverarbeitung, chemische Industrie); Dienstleistung (z. B. Rechenzentren, Wäschereien, Datenverarbeitung, Kühlhäuser, Abwasser); Abfallentsorgung (z. B. thermische Abfallbehandlung, Schließung von innerbetrieblichen Stoffkreisläufen); Energieumwandlung (z. B. Kondensationskraftwerke, Abgaswärme aus Verbrennungsprozessen).

[136] Bundesnetzagentur, 2019.
[137] Wagner, W., 2009.
[138] Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2012.
[139] Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, 2019.

### 3.2.2 Konzept: Einbindung von Abwasserwärme in Wärmenetzen

Die Nutzung von Abwasserwärme erfolgt über einen Wärmetauscher in der Kanalisation. Das Abwasser (10 °C bis 20 °C) stellt dabei die Wärmequelle für den Verdampfer einer Wärmepumpe dar. Das Arbeitsmedium in der Wärmepumpe wird durch die Zuführung von mechanischer Arbeit auf ein höheres Temperaturniveau angehoben. Die Wärme wird anschließend an ein Wärmenetz abgegeben. Voraussetzung dafür ist ein geeignetes Temperaturniveau im Wärmenetz. Durch die lokale Verbindung der Abwasserwärmepumpe mit einer KWK-Anlage können diese gemeinsam effizient ins Wärmenetz einspeisen. Wärmepumpen können dabei als „steuerbare Verbrauchseinrichtung“ nach § 14a EnWG beim zuständigen Strom-VNB gemeldet werden, sodass diese zur Flexibilität des Energiesystems beitragen können (bei Anschluss in der Niederspannungsebene). Alternativ zum zuvor beschriebenen Vorgehen könnte die Wärmeverteilung über ein sog. „kaltes Wärmenetz“ erfolgen und durch dezentrale Wärmepumpen auf die von den Verbrauchern benötigten Temperaturen gesteigert werden. Die Einbindung von Abwasser-Abwärme kann auch zur Kühlung genutzt werden z. B. von Bürogebäuden. Dies ist zukünftig von steigender Bedeutung.[140]

Die Jahresarbeitszahl beträgt ca. 3,5 – 4,3. Das effizient erzielbare Temperaturniveau liegt bei < 60-80 °C. Der Betrieb ist besonders effizient bei geringen Temperaturhüben. Die Wärmeentnahme aus dem Abwasser ist durch die zulässige Temperaturabsenkung des Abwassers begrenzt. Eine zu starke Temperaturabsenkung des Abwassers kann dabei den Betrieb der Abwasserreinigungsanlage beeinträchtigen. Eine gesicherte Abwassermenge ist Voraussetzung für den langfristigen Betrieb der Anlage.[141, 142]

**Anwendung im urbanen Raum**

Grundsätzlich kann das Konzept in Siedlungstypen sinnvoll angewendet werden, in denen eine entsprechende Infrastruktur im Abwassernetz und ein ausreichend hohes Abwasseraufkommen vorliegen sowie ein Wärmenetz aufgrund ausreichender Wärmebedarfs- und Wärmeliniendichten realisierbar ist. Bei der Integration in bestehende Wärmenetze sind deren Temperaturniveaus sowie das geforderte Temperaturniveau der Wärmeabnehmer zu beachten. Abhängig vom erzielbaren Temperaturniveau der installierten Wärmepumpe sowie dem energetischen Zustand der Gebäude (und damit der Überwindung des verfügbaren und des geforderten Temperaturniveaus) können ggf. nicht alle Gebäude in den Siedlungstypen ohne weitere Maßnahmen angeschlossen werden. Das Konzept ist dabei besonders für Wärmenetze, an welche Gebäude mit einem hohen energetischen Standard und großen Heizflächen (bspw. Fußboden-, Decken- und Wandheizungen) angeschlossen sind, geeignet (z. B. lokale Wärmenetze für Neubausiedlungen). Aufgrund des hohen Anteils älterer Bestandsgebäude im urbanen Raum, welche zum überwiegenden Teil diesen Anforderungen nicht entsprechen, erscheint ein Einsatz in entsprechenden Sekundär- und neuen Wärmenetzen sinnvoll. Weiter könnte die

[140] Bundesamt für Energie, 2004.
[141] Technische Universität Darmstadt, 2015.
[142] EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH, 2013.

Wärme der Wärmepumpe jedoch durch Nachheizen, bspw. mittels Großwärmepumpen, Spitzenlastkesseln oder PtH-Anlagen, auf die Temperatur des Primärnetzes gehoben werden.[143]

**Relevante Akteure**

Eigentümer und Betreiber der Anlagen zur Einbindung von Abwasserwärme könnte direkt das Fernwärmeunternehmen, bspw. das lokale Stadtwerk oder ein rein privatwirtschaftlicher Akteur, sein, in dessen Netz die Wärme eingespeist wird. Dieses könnte auch der Abwasserbetrieb sein. Jedoch wären auch andere Akteure wie dritte öffentliche oder private Akteure denkbar, die die Anlagen zur Einbindung von Abwasserwärme im Rahmen eines Contractings betreiben könnten.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

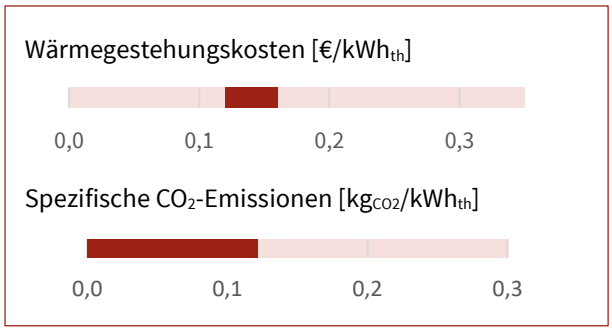
Wärmepumpen gelten als Letztverbraucher im Sinne von § 3 Nr. 25 EnWG und § 3 Nr. 33 EEG 2017. Daher müssen grundsätzlich alle **Letztverbraucherabgaben** (EEG-Umlage, Netzentgelte, Stromsteuer etc.) gezahlt werden. Die Energie- und Stromsteuer sind nicht an dem $CO_2$-Ausstoß für die Wärmebereitstellung ausgerichtet. Die fehlende $CO_2$-Bepreisung führt somit zu einer Benachteiligung gegenüber fossilen Energieträgern.

Zudem hemmen **höhere Wärmegestehungskosten** im Vergleich zu konventionellen Referenztechnologien den Einsatz aus ökonomischen Gesichtspunkten. Eine sektorenübergreifende und technologieneutrale **Reform des Steuer-, Abgaben- und Umlagensystems** auf Bundesebene, insbesondere eine Reduzierung der wirtschaftlich relevantesten Strompreisbestandteile Stromsteuer, Netzentgelten und EEG-Umlage kann Anreize für die Wärmepumpennutzung setzen. Langfristige Lenkungswirkung ist auch durch eine wirksame zukünftige **$CO_2$-Bepreisung** im nETS zu erwarten, um die wirtschaftliche Attraktivität des regenerativ erzeugten gegenüber fossilen Energieträgern zu steigern.

**Praxisbeispiel Abwasserwärmenutzung Aachen**

Die Stadtwerke Aachen Aktiengesellschaft (STAWAG) und das Wohnungsunternehmen gewoge AG haben in einem Pilotprojekt in Aachen Wiesental die Nutzung von Abwasserwärme in einem Nahwärmenetz zur Versorgung von fünf Wohnblöcken mit 165 Wohnungen realisiert. Hierbei wird über 100 Wärmetauscher aus dem durchschnittlich 15 °C warmen Abwasser Wärme entzogen, anschließend in einer Heizzentrale mittels zwei weiterer Wärmepumpen auf ca. 55 °C erhitzt und zur Beheizung sowie zur Warmwasserbereitung genutzt. Zusätzlich wird Abluftwärme aus den Bädern der Mietwohnungen genutzt, wodurch die Temperatur auf 60 °C erhöht werden kann. Zur Wärmespeicherung kommen zwei Pufferspeicher und vier dezentrale Schichtenspeicher zum Einsatz.

In den Sommermonaten kann der Wärmebedarf vollständig gedeckt werden. Im Winter wird ein Teil der Wohnungen von der STAWAG über Fernwärme versorgt. Eine große Herausforderung beim Bau der Anlage waren laut eigenen Angaben die Lärmschutzauflagen im Wohngebiet. Aufgrund des tagsüber zu hohen Abwasseraufkommens waren Bauarbeiten am Abwasserkanal nur nachts möglich – da es sich jedoch um ein reines Wohngebiet handelt, waren jedoch nachts die Lärmschutzauflagen besonders hoch.




Zu den Wärmegestehungskosten und spezifischen $CO_2$-Emissionen siehe links (eigene Darstellung BBHC nach[144, 145,, 146, 147, 148]).

Die gesetzlichen Förderbedingungen setzen noch nicht genügend Anreize für den Umbau der Wärmenetze. Anreize können auf Bundes- und Landesebene durch eine Vereinfachung, Vereinheitlichung

[143] Technische Universität Darmstadt, 2012.
[144] Bundesnetzagentur, 2019.
[145] Wagner, W., 2009.
[146] Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2012.
[147] Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, 2019.
[148] Umweltbundesamt, 2018.

und Verstetigung von Fördermechanismen und Förderprogrammen erreicht werden. Insbesondere die Wärmenetze müssen so ausgebaut werden, dass ein wesentlich größerer Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme in die bereits bestehenden Netze integriert werden können.

Ein sinnvoller Einsatz von Abwasserwärmepumpen erfordert Rahmenparameter (Temperaturniveau des Wärmenetzes, geeignete Kanäle, erforderliche Temperatur bei Abnehmern), welche eine Einspeisung dieser effizient und über eine lange Dauer ermöglichen. Die Nutzung von Abwasserwärme erfordert zum einen die intensive und abgestimmte Kommunikation zwischen beiden Parteien. Weiter können die Integration der Abwasserwärmetauscher sowie Identifikation von geeigneten Stellen im Abwassersystem zeitintensive Prozesse darstellen. Um die Kommunikation zwischen den beteiligten Akteuren zu vereinfachen und so vorhandene Wärmepotenziale zu identifizieren, kann die Einrichtung von **Energiedatenplattformen** unter kommunaler Leitung und Verantwortung eine Möglichkeit zur Bündelung von Informationen darstellen.

Die **kommunale Wärmeplanung** sollte als fester Bestandteil kommunaler Planungsinstrumente verankert werden, damit für alle Beteiligten eine strategische, langfristige Planung möglich wird.

# B 4 Mobilität

## 4.1 Ansatz: Stärkung und Optimierung des ÖPNV

Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) bildet zusammen mit dem nichtmotorisierten Rad- und Fußverkehr das Rückgrat eines klima- und stadtgerechten urbanen Verkehrs, meist als Umweltverbund umschrieben. Der ÖPNV umfasst den Schienenpersonennahverkehr (SPNV) und den öffentlichen Straßenpersonenverkehr (ÖSPV), wobei in der Regel auch Straßen- und U-Bahnen dem ÖSPV zugeordnet sind. Auch seltene Angebotsformen wie Fähren, Seilbahnen, H-Bahnen und bedarfsorientierte Angebote, die nur auf Anforderung verkehren – beispielsweise Rufbus (RB), Anruflinientaxi (ALT), Linienbedarfstaxi (LBT), Linientaxi, Anrufsammeltaxi (AST) und Bürgerbusse – werden dem ÖSPV zugerechnet, sobald diese Aufgaben und Funktion des ÖPNV-Linienverkehrs übernehmen, diesen ersetzen oder ergänzen (§ 8 Abs. 2 Personenbeförderungsgesetz, PBefG).[149] Taxis zählen nicht zum ÖPNV. Ihre rechtliche Abgrenzung zu Mietwagen sowie der Mietwagen zu den neuen Angebotsformen ist zunehmend strittig.

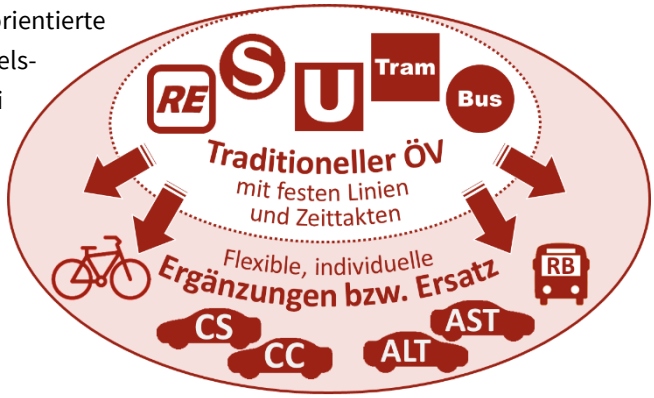



Abbildung 21: Verkehrsmittel im Umweltverbund (eigene Darstellung)

Der Anteil der mit dem ÖPNV zurückgelegten Wege ist derzeit nur in den Innenstädten von Metropolen mit dem Pkw vergleichbar – selbst in Regiopolen und Großstädten liegt der Wegeanteil von Pkw stabil etwa dreifach über dem des ÖPNV.[150] Der Radverkehr verzeichnet in den letzten Jahren in vielen Städten einen überdurchschnittlichen Anstieg des Wegeanteils und einen noch stärkeren Anstieg der Verkehrsleistung.[151] In einigen Regiopolen und Großstädten wird der Wegeanteil des ÖPNV erreicht, teilweise sogar deutlich überschritten.[152] Die mit dem ÖPNV zurückgelegten Tagesstrecken (Verkehrsleistung) liegen jedoch vier- bis fünffach höher.

Im Fokus der öffentlichen Diskussion des ÖPNV steht häufig dessen Ausbau- und Angebotserweiterung. Mit Blick auf eine schnell zu erreichende Erhöhung von Fahrgastzahlen, die Steigerung der Attraktivität und das Erreichen von klimapolitischen Zielen sollten jedoch planerische, technische und organisatorische Prozesse in Verbindung mit parallel stattfindenden Maßnahmen Vorrang vor Erweiterungen des Angebots haben. Auch Angebotserweiterungen haben meist dann relevante Nachfrageeffekte im ÖPNV, wenn parallel ordnungsrechtlich Regelungen (u.a. Parkraumbewirtschaftung, Geschwindigkeitsbeschränkungen sowie Umverteilung des Straßenraums) erfolgen. Gerade weil die Finanzierungsspielräume des ÖPNV für die meisten Aufgabenträger sehr begrenzt sind und der ÖPNV heute bezogen auf die Gesamtemissionen des Verkehrs Teil des Lösungs- und nicht des Problemraums ist, spielt der Aspekt der Kosteneffizienz (spezifische Vermeidungskosten) der Maßnahmen ein entscheidendes Kriterium.

Zudem sind derzeit Angebote der „Sharing Mobility“ im Fokus der gesellschaftlichen Diskussion. Hierbei ist für die urbane Energiewende insbesondere das Zusammenspiel mit dem ÖPNV wichtig. Der Begriff der Sharing

[149] Personenbeförderungsgesetz (PBefG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. August 1990 (BGBl. I S. 1690), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 14 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist.
[150] Eine Zusammenfassung der Regionsunterschiede und Zeitreihen findet sich in: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2018a, S. 13.
[151] Vgl. Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin, 2017, S. 1. Verkehrs- und Tiefbauamt Stadt Leipzig, 2015, S. 9. Landeshauptstadt Düsseldorf, 2015, S. 33. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2019a.
[152] Ahrens, G.-A. 2007, S. 19 ff.

Mobility (auch: Shared Mobility) beinhaltet verschiedene Konzepte, die teils an herkömmliche Mobilitätsformen anknüpfen, teils neue Formen bilden. Gemeinsam ist den Konzepten, dass das nachfrageorientierte Teilen („Sharing“) von Verkehrsmitteln („Vehicle Sharing“, bspw. von Rad, Scooter, Auto oder Bus) sowie Routen („Ride Sharing“) im Vordergrund steht. Sharing Mobility wird in diesem Zusammenhang als Gruppe von Ansätzen eigentumsloser bzw. eigentumsersetzender Nutzungsformen aufgefasst.[153] Sie bildet einen Teilbereich innerhalb der Sharing Economy (auch: Collaborative Economy). Kennzeichnend für die neueren Formen der Konzepte ist die Nutzung digitaler Vernetzungsmöglichkeiten als Erfolgsfaktor (zum Beispiel Internetplattformen oder soziale Medien).[154]

Mit Blick auf die Erreichung von Energiewende- und Klimaschutzzielen ist mit Konzepten der Sharing Mobility meist eine positive Erwartung verbunden – insbesondere dadurch, dass Ressourcen besser genutzt würden (beispielsweise bei Vehicle Sharing die verminderte Anzahl privater Fahrzeuge und dadurch ein geringerer Parkraumbedarf bzw. bei Ride Sharing die Bündelung von Fahrten und dadurch eine geringere Verkehrsbelastung). Die Ergebnisse verschiedener Studien zu Carsharing lassen bislang noch keine finale Bewertung zu. Gemeinsame Erkenntnis ist die Empfehlung an Kommunen, dass verkehrliche Sharing-Konzepte möglichst frühzeitig in die kommunale Verkehrsplanung einbezogen werden sollten. Zum einen, damit kommunale Handlungsspielräume hinsichtlich der Verteilung öffentlicher Flächen aufrechterhalten werden können.[155] Zum anderen, um durch die Einbettung von Sharing-Konzepten attraktive Nahverkehrsangebote zu gewährleisten und in dieser Kombination auch den ÖPNV zu stärken,[156] statt ihn dem Risiko einer Kannibalisierung auszusetzen.[157] Und des Weiteren, um die Entscheidungshoheit bei der Vergabe möglicher Konzessionen an Anbieter von Sharing-Dienstleistungen zu wahren.

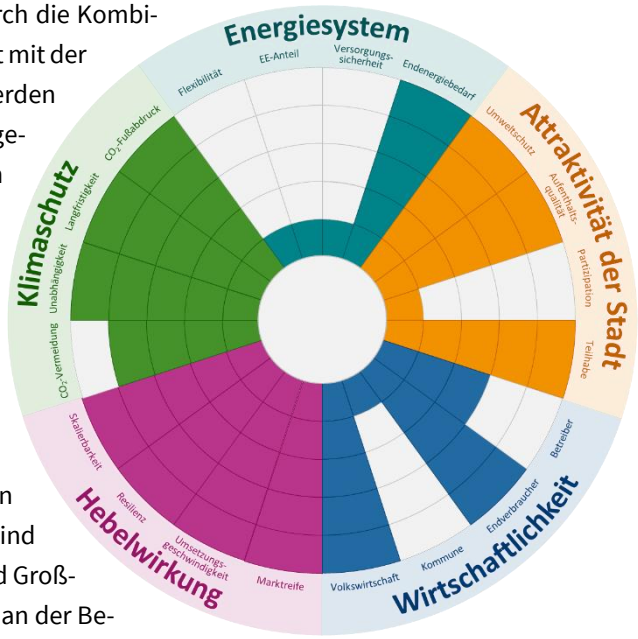
Auf Basis dieses Überblicks werden im Folgenden drei Ansätze der Sharing Mobility im urbanen Raum vorgestellt und hinsichtlich der beteiligten Akteure sowie der rechtlichen, wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen auf typische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten untersucht. Unentgeltliche Formen gemeinsamer Nutzung (zum Beispiel im Rahmen von Ehrenamt oder Nachbarschaft) sind dabei nicht Gegenstand der vorliegenden Analyse.

Betrachtet werden zur Abgrenzung der Carsharing-Typen entsprechend den angebotsseitigen Unterschieden die folgenden drei typischen Formen kommerzieller Sharing Mobility im urbanen Raum:[158]

- **Stationsbasiertes Carsharing:** Anmietung und Rückgabe erfolgt meist am selben Ort (A-A). Die Stellplätze sind auf öffentlichem Straßenland oder auf privatem Grund ausgewiesen.
- **Stationsunabhängiges Carsharing:** Innerhalb des Geschäftsgebiets können die Fahrzeuge auf öffentlichem Straßenland „free-floating“ angemietet und zurückgegeben werden (A-B).
- **Kombinierte Angebote:** Eine Teilflotte eines Anbieters wird stationsbasiert, eine weitere innerhalb eines definierten Parkraums „free-floating“ angeboten.

[153] Umweltbundesamt, 2015, S. 21.
[154]. Ebd. S. 24.
[155] Agora Verkehrswende, 2018a, S. 8. Agora Verkehrswende, 2018b, S. 19 ff.
[156] Agora Verkehrswende, 2018a, S. 40.
[157] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2016a, S. 40 f.
[158] Blümel & Herrmann-Fiechtner, Carsharing und seine Wirkung auf den Parkraum am Beispiel von stationsunabhängigen Angeboten, 2017, S. 4.

### 4.1.1 Konzept: Intermodalität




Der Anteil der intermodal zurückgelegten Wege, d. h. durch die Kombination verschiedener Verkehrsmittel auf einem Weg, steigt mit der Einwohnerzahl im urbanen Raum. In den Metropolen werden durchschnittlich 20 Prozent der Wege intermodal zurückgelegt, in Großstädten liegt dieser Anteil bei 14 Prozent, in Mittel- und Kleinstädten bei rund 10 Prozent. Besondere Bedeutung hat dabei die Kombination aus Fahrrad und ÖV.[159] Dem Vorhalten von Bike- und Carsharing-Stationen wird als Grund für den Umstieg derzeit noch die geringste Bedeutung beigemessen. Flexible, individuelle und durch die Nachfrage gesteuerte Ergänzungen des ÖPNV, wie „Rufbusse“, Anrufsammeltaxen werden in suburbanen Räumen selten und meist nur in Abendstunden und an Wochenenden angeboten. Carsharing-Angebote sind zwar seit drei Jahrzenten insbesondere in Metropolen und Großstädten am Markt. Doch der Anteil der Carsharing-Nutzer an der Bevölkerung geht auch in Metropolen nicht über 10 Prozent hinaus, von denen die Hälfte Carsharing-Angebote allerdings seltener als monatlich nutzt.[160] Das Angebot stationsunabhängigen Carsharings konzentriert sich zumeist auf die Innenstädte und erreicht nach rund zehn Jahren nur marginale Anteile am urbanen Verkehrsaufkommen und der urbanen Verkehrsleistung. So liegt der Anteil der mit flexiblen Carsharing-Angeboten zurückgelegten Wege in Berlin bisher bei ca. 0,1 Prozent am Modal Split.[161] Die verkehrlichen und klimaseitigen Effekte der nachfragegesteuerten Verkehrsangebote sind daher insgesamt noch vernachlässigbar. Die nachfragegesteuerten Angebote sind ergänzende Bausteine des traditionellen ÖPNVs als „Rückgrat“ und können ein multimodales Verkehrsverhalten unterstützen.

**Relevante Akteure**

Der lokale Aufgabenträger legt im Nahverkehrsplan das Konzept des „traditionellen“ ÖPNV und der vom Land beauftragte Aufgabenträger das Konzept des SPNV-Angebots im Landesnahverkehrsplan fest. Dazu zählen jeweils auch die Schnittstellen zur Integration weiterer Verkehrsangebote sowie zu den digitalen Diensten. Diese Planwerke bilden die Grundlage für die Ausschreibungen und Verkehrsverträge mit dem jeweiligen lokalen ÖPNV- und dem regionalen SPNV-Unternehmen.

Die kommunalen Behörden (meist die Straßenbaulastträger bzw. Tiefbauämter) sind für die infrastrukturellen Voraussetzungen (Fahrradabstellanlagen, Bike- und Carsharing-Stationen) sowie deren Erreichbarkeit zuständig. Die kommunalen und gewerblichen Betreiber von Infrastrukturanlagen und die meist gewerblichen Anbieter von individuellen und flexiblen Verkehrsangeboten bilden die heterogene Gruppe der operativen Akteure, deren Angebote mit dem Ziel einer Stärkung der Interoperabilität mit dem traditionellen, fahrplan- und liniengebundenen ÖPNV-/SPNV-Angebot verknüpft werden sollen.

[159] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2019b.
[160] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2018b.
[161] Civity Management Consultants, o. J.

### Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten

Für die Attraktivität und Planbarkeit spielen heute Datenverfügbarkeit, deren einfache Verwendung und ein möglichst daran angeschlossenes interoperables Authentifizierungs- und Bezahlsystem für den Verbraucher eine wichtige Rolle. Die Vielfalt der meist unvollständigen, d. h. nicht alle verkehrlichen und infrastrukturellen Informationen enthaltenden, Informationsplattformen stellt gerade für interoperable ÖPNV-Angebote sowie die Einbindung von Echtzeit-Informationen zu Straßenverkehr und ÖPNV eine Herausforderung dar. Eine lokale Lösungsmöglichkeit stellen Apps wie Berlinmobil dar.

Auch fehlen derzeitig eindeutige Rechtsgrundlagen, die die Kommunen ermächtigen, spezifische Regelungen zur Einbindung aller Verkehrsdienste zu gestalten.

**Praxisbeispiel Switchh**

Abgeleitet vom englischen „to switch", ermöglicht das Projekt Switchh den Wechsel zwischen Bus, Bahn, Carsharing-Auto oder Leihfahrrad per App. Die erweiterte HVV-App (Hamburger Verkehrsverbund) zeigt alternativ verfügbare Verkehrsmittel an, die dann direkt vergünstigt genutzt werden können. Ursprünglich wurde das Angebot für Abonnenten der Hochbahn in Zusammenarbeit mit car2go entwickelt. Im Jahr 2015 wurde die App von 2600 HVV-Kunden genutzt, eine niedrigere Anzahl, als die Hochbahn sich nach zwei Jahren vorgestellt hatte, weswegen das Angebot erweitert wurde, im Jahr 2015 mit stadtrad und im Jahr 2016 mit DriveNow und cambio. Die neueste Ergänzung soll das Ridesharing Moia sein (im Jahr 2019).

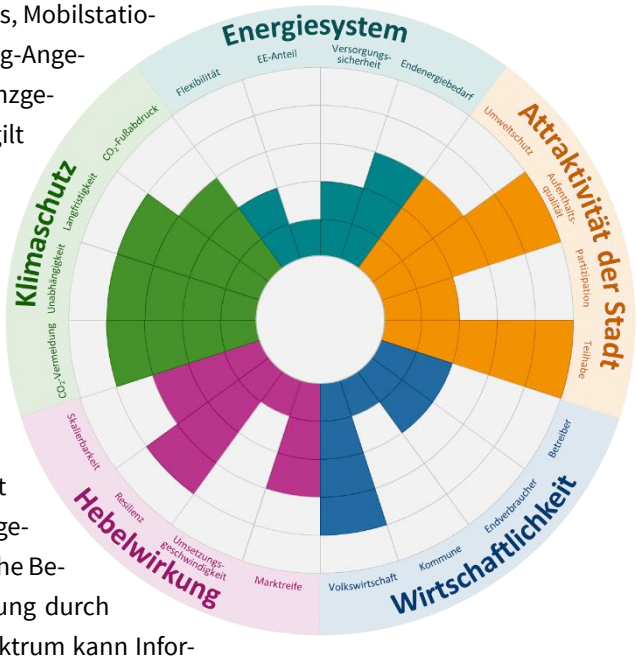
Eine **Weiterentwicklung der Nahverkehrsgesetze** der Länder vergleichbar dem Mobilitätsgesetz des Landes Berlin kann die erforderlichen Rechtsgrundlagen schaffen, um in Kommunen eine nutzerorientierte und integrierte „einheitliche Benutzeroberfläche" mit den Funktionen Information, Reservierung, Authentifizierung und Bezahlung für alle in einer Kommune angebotenen linien- und fahrplangebundenen Verkehrsdienstleistungen sowie alle individuellen, flexiblen Angebote zu schaffen. Dabei kann auf die im ÖPNV republikweit eingeführten technischen Standards (zum Beispiel die VDV-Kernapplikation) und die in den Verkehrsverbünden etablierten Strukturen aufgebaut werden. Um Carsharing als Teil eines effizienten urbanen Verkehrs zu integrieren, empfiehlt es sich daher für Länder und Kommunen, die Anforderungen des CsgG in übergeordnete Rechtsgrundlagen, wie beispielsweise Mobilitätsgesetze oder Nahverkehrsgesetze, zu integrieren. Die kommunalen Gestaltungsmöglichkeiten mit dem Ziel, im öffentlichen Raum nur integrierte Verkehrsdienstleistungen zuzulassen, sind durch eine Weiterentwicklung der Straßen- und Wegerechte der Länder, ähnlich dem Berliner Mobilitätsgesetz[162], zu flankieren. Dies kann beispielsweise mittels Auflagen zu Sondernutzungserlaubnissen umgesetzt werden.

**Unzureichende Fahrradabstellanlagen** am Wohn- und Arbeitsort sowie an Umsteigepunkten (unzureichend im Sinne von zu geringer Anzahl von Abstellmöglichkeiten als auch ungenügendem Wetter-, Vandalismus- und Diebstahlschutz) wirken einer verstärkten Nutzung von Fahrrädern entgegen. Ferner bilden **unzureichende Angebote zur Fahrradmitnahme** in S- und Regionalbahnen sowie Komfort- und Imagedefizite des ÖPNV Hemmnisse für mehr intermodalen Personenverkehr im urbanen Raum. Die Kombination der Verkehrsmittel ÖPNV und privates Fahrrad stellt vielfach den wirkungsvollsten Ansatzpunkt zur Stärkung der Intermodalität dar. Zentrale Voraussetzung ist die Verbesserung des Angebots an qualitativ hochwertigen und hinsichtlich des Umfangs bedarfsgerechten Fahrradabstellanlagen an ÖPNV-Haltepunkten, am Wohnort, am Arbeitsplatz und an Freizeiteinrichtungen. Die Rechtsgrundlagen sind in den Bauordnungen der Länder und entsprechenden Stellplatzsatzungen sowie in den Nahverkehrsgesetzen zu schaffen. Ergänzend sind in den Nahverkehrsplänen, unter Berücksichtigung der verfügbaren Kapazitäten, die Voraussetzungen für eine verstärkte Fahrrad-

[162] Berliner Mobilitätsgesetz (MobG BE) vom 5. Juli 2018 verkündet Artikel 1 des Gesetzes zur Neuregelung gesetzlicher Vorschriften zur Mobilitätsgewährleistung vom 5. Juli 2018 (GVBl. S. 464).

mitnahme im ÖPNV festzulegen. Hier gilt es die Abgrenzung zwischen Freizeit- und Pendlerverkehren zu berücksichtigen. Den Verkehrsunternehmen muss es freigestellt sein, auf Stoßzeiten zu reagieren, solange diese nicht über die Erweiterung des Angebotes entzerrt werden können.

### 4.1.2 Konzept: Mobilitätszentralen / Mobilitätsstationen




Das Potenzial von Mobilitätszentralen (auch: Mobility Hubs, Mobilstationen) zur Vernetzung des ÖPNV und Integration von Sharing-Angeboten wird aktuell breit diskutiert. Unter Flächeneffizienzgesichtspunkten und zur Forcierung der Verkehrswende[163] gilt es als vielversprechendes Konzept.[164] Mobilitätszentralen verbreiten sich in Deutschland bereits seit etwa 1990.[165] Die Verknüpfung mit dem ÖPNV ist auf rechtlicher Ebene über den Nahverkehrsplan zu erreichen.[166]

Mobilitätszentralen können verschiedene Ausgestaltungsformen annehmen:[167]

- Die „**traditionelle Mobilitätszentrale**“ ist eine physische Anlaufstelle.[168] Zentral gelegen, stellt sie Informationen zur individuellen Mobilitätsgestaltung bereit. In der Regel findet eine tatsächliche Beratung statt, auch eine Hotline oder die Ergänzung durch ein Callcenter[169] sind denkbar. Das Angebotsspektrum kann Information, Beratung, Bewusstseinsbildung und Mobilitätserziehung, Angebotskoordination, Verkauf und Reservierung sowie Zugang zu neuen Mobilitätsdienstleistungen beinhalten.[170]
- Daran anknüpfend, bietet die „**moderne Mobilitätszentrale**“ Informationen und Ticketing als Online-/digitale Dienstleistung an („Mobilitätsplattform“)[171]
- **Regionale Mobilitätszentralen** („Mobilitätsstation“)[172] bieten den physischen Zugang zu einer Vielzahl von Verkehrsmitteln (zum Beispiel Bus oder Tram, Carsharing, Bikesharing, aber auch Services wie Paketstationen, Ladeinfrastruktur). Eine Erweiterung bereits vorhandener ÖPNV-Stationen bietet sich an, um die angestrebte Vernetzung mit dem ÖPNV und dessen Stärkung („Rückgratfunktion“) zu erreichen.

Insbesondere **kombinierte Konzepte** (physische und digitale Formen, zum Beispiel Umsteigepunkte mit klassischen Fahrplanaushängen und Nutzungsoptionen über Apps) bieten die Möglichkeit, die im Folgenden beschriebenen Konzepte der urbanen Energiewende in den Mobilitätsbereich zu integrieren.[173] Sofern App-

[163] Zum Begriff vgl. Agora Verkehrswende, 2017.
[164] Heer, C., 2003, S. 17 f.
[164] Ellner, Schumacher, & Pfeifer, Die Mobilitätszentrale aus öffentlich-rechtlicher Perspektive, in: ZUR 3/2019, 2019, S. 138.
[165] Heer, C., 2003, S. 17 f.
[166] Ellner, Schumacher, & Pfeifer, Die Mobilitätszentrale aus öffentlich-rechtlicher Perspektive, in: ZUR 3/2019, 2019, S. 138.
[167] Definitionen nach Franke, P. D., 2018. Heer, C., 2003.
[168] Heer, C., 2003, S. 17 f.
[169] Franke, P. D., 2018, S. 3 f.
[170] Heer, C., 2003, S. 17 f.
[171] Ellner, Schumacher, & Pfeifer, Die Mobilitätszentrale aus öffentlich-rechtlicher Perspektive, in: ZUR 3/2019, 2019, S. 138.
[172] Franke, P. D., 2018, S. 5.
[173] Ellner, Schumacher, & Pfeifer, Die Mobilitätszentrale aus öffentlich-rechtlicher Perspektive, in: ZUR 3/2019, 2019, S. 138.

basierte Informations- oder Ticketing-Angebote gewählt werden, sind Vorgaben zu Datenschutz und Datensicherheit zu beachten. Insbesondere bei Erfassung und Zurverfügungstellen von Echtzeitdaten für Informationsdienstleistungen können öffentliche Akteure Beschränkungen unterliegen; die Einhaltung zum Beispiel der DSGVO ist auch von privaten Akteuren zu beachten.

Bei der Einbindung von Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur ins Energiesystem und in den öffentlichen oder privaten Raum sind die jeweiligen Rahmenbedingungen zu beachten: In urbanen Räumen kann die Mobilitätsstation in hochverdichteten Gebieten oder Randlagen unterschiedlich groß gestaltet sein. Unterschiedliche Betreibermodelle, kommunal oder als Public-Private-Partnership, sind denkbar.

**Praxisbeispiel „Münchner Freiheit“**

Im Jahr 2014 haben die Stadtwerke München SWM und die Münchner Verkehrsgesellschaft MVG im Auftrag der Landeshauptstadt München an der Münchner Freiheit die erste Mobilitätsstation Münchens eröffnet. Ziel war es, den öffentlichen Personennahverkehr mit neuen individuellen und flexiblen Mobilitätsangeboten zu verknüpfen. Die Münchner Freiheit ist ein wichtiger ÖPNV-Umsteigepunkt. Neben dem Angebot von U-Bahn, Bus und Tram gibt es dort eine MVG Radstation, eine Ladesäule für E-Fahrzeuge, einen Stellplatz für Stattauto und exklusive Parkplätze für Münchens Carsharing-Anbieter. Eine weithin sichtbare Stele mit interaktivem Bildschirm informiert über alle Mobilitätsangebote vor Ort. Komplettiert wird das Angebot durch P+R-Parkplätze (Park + Ride), B+R-Stellplätze (Bike + Ride) und einen Taxistand in unmittelbarer Umgebung.

Mithilfe der Erfahrungen, die an der Münchner Freiheit gewonnen wurden, wurde das Konzept weiterentwickelt - hin zu E-Mobilitätsstationen mit zusätzlichen, neuen Elementen. Im Jahr 2018 wurden im Stadtgebiet insgesamt zwölf E-Mobilitätsstationen, vier in der Ludwigsvorstadt/Isarvorstadt (im Projekt „City2Share“) und acht in Neuaubing-Westkreuz (im Projekt „Smarter Together“) errichtet.

**Relevante Akteure**

Nahverkehrsbetriebe und -planer; für Genehmigungsprozesse auf öffentlichem Straßenland Straßenverkehrsbehörden; ggfs. private Betreibergesellschaften mit koordinierender Rolle der Kommunen und städtischen Verkehrsbetriebe[174]; für die Beschickung enthaltener Paketstationen zum Beispiel Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP-Dienste), ggfs. Anbieter stationsbasierter Car- und Bikesharing-Systeme; bei Zurverfügungstellen privater Flächen zum Beispiel Wohnungsbaugesellschaften. Die NutzerInnen entscheiden darüber, ob und wie die Mobilitätszentralen langfristig ins Mobilitätsverhalten adaptiert werden. Hier ist die zunehmende Individualisierung der Anforderungen an Mobilität zu beachten.[175]

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Die Verfügbarkeit von privaten oder öffentlichen Flächen ist im urbanen Raum limitiert – dies betrifft auch Mobilitätsstationen. Zudem bergen App-basierte Angebote das Risiko, Personengruppen ohne eigenes Smartphone sowie Personen mit eingeschränktem Technikverständnis von der Teilhabe auszuschließen – ebenso wie Personen mit Smartphone, für die aber Privatsphäre einen hohen Stellenwert hat.[176]

Traditionelle Mobilitätszentralen und klassische Umsteigepunkte (z.B. Park + Ride, Zugang zum Linienbus des ÖPNV am Fernbahnhof, an dem sich auch Fahrradständer und Parkplätze befinden) werden bereits vielfach umgesetzt. Hier kann sich eine **schrittweise Erweiterung der vorhandenen Angebote** anbieten.

[174] Landeshauptstadt München/Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, 2015.
[175] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2018c, S. 11.
[176] Ebd. S. 50.

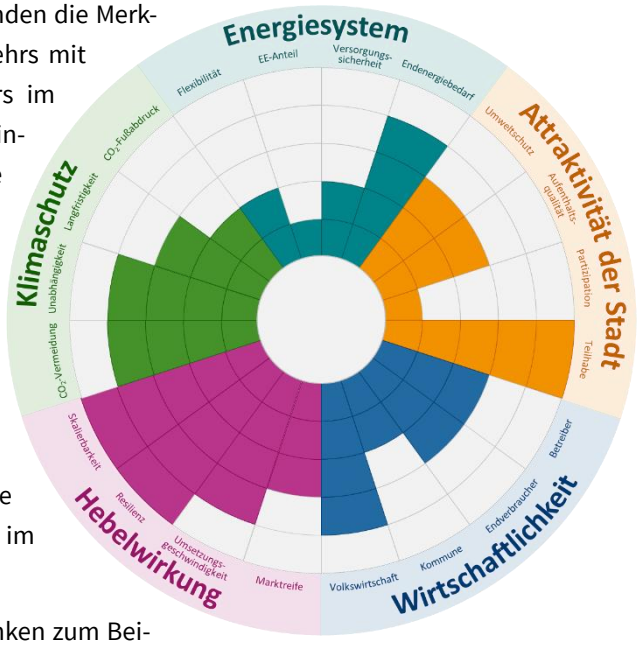
Für die Umsetzung größerer Mobilitätszentralen mit integrierten, neuen Mobilitätsangeboten vor Ort ist ein Abgleich mit und die Abgrenzung zu vorhandenen Best-Practice-Beispielen sinnvoll: Die einzubeziehenden Akteure können sich je nach Typ der Kommune, vorhandener Infrastruktur und prognostiziertem Verkehrsaufkommen deutlich unterscheiden.

Folgende Punkte sollten dabei beachtet und folgende Fragen im Vorfeld sowie im Prozess geklärt werden:

- **Wer sollte mit wem zusammenarbeiten**, um das Angebot zusammenzustellen und zu betreiben? Ziel sollte sein, öffentliche und private Partner zu versammeln. In Berlin hat beispielsweise die Berliner Verkehrsgesellschaft BVG unter dem Namen „Jelbi“ Mobilitätsstationen eingeführt, die optisch einheitlich dargestellt und über die einheitliche App gebündelt als Angebot der Berliner Verkehrsbetriebe BVG gekennzeichnet sind. Über Jelbi sind verschiedene Anbieterunternehmern von Mobilitätsdienstleistungen wie Car-, Bike- und Ridesharing erreichbar – teilweise mit eigenen Nutzungsbedingungen. Auch die Nutzung privat bewirtschafteter Stellflächen beim kommunalen Wohnungsbauunternehmen Gewobag und dem Parkraummanager APCOA wurde integriert.
- **Welche Flächen stehen zur Verfügung?** Stehen der Kommune geeignete öffentliche Flächen zur Verfügung, ist der gezielte Aufbau einer oder mehrerer Mobilitätszentralen als Steuerungsmaßnahme im Rahmen einer nachhaltigen Mobilitätsplanung zu sehen. Halbprivate oder private Flächen für Mobilitätszentralen können dazu beitragen, den öffentlichen Straßenraum nicht weiter zu verknappen, sind aber ihrerseits in wachsenden, sich verdichtenden Städten nicht frei verfügbar. Vor Ort muss eine Abwägung getroffen werden. Es sollte darauf geachtet werden, dass von der Kommune oder einer städtischen Gesellschaft ein quartiersbezogenes Konzept zur Verteilung und Ausgestaltung von öffentlichen Mobilitätsstationen entwickelt wird. Diese können dann durch private Mobilitätsangebote entsprechend ergänzt werden.
- **Welche Verkehrsangebote eignen sich**, um im konkreten Gebiet den ÖPNV zu ergänzen und intermodale Verkehre zu ermöglichen? Eine verkehrliche Standortanalyse kann Aufschluss über die häufigsten Reisewege geben und die Entscheidung beeinflussen: Zum Beispiel, ob in einer kleineren Stadt mit begrenzten Flächen und kurzen Wegen Bikesharing dem Bedarf entspricht. Oder, mit welcher Dimensionierung einer „vollausgestatteten“ Mobilitätszentrale in einer größeren Stadt oder Metropole sinnvoll zu planen ist.
- **Welcher digitalen und analogen Angebote bedarf es?** Soll das Angebot Ticketing beinhalten oder lediglich Informationen bereitstellen? Ist es ausschließlich in App-Form, als Website verfügbar oder werden Zugangsmöglichkeiten auf analogem Wege gewährleistet? Hierbei müssen soziodemografische Eckdaten und weitere Indikatoren Beachtung finden, um ein möglichst inklusives Angebot zu schaffen. Zudem sollte die Informationsbereitstellung zu den Mobilitätsangeboten auch für ältere Menschen berücksichtigt werden (z.B. durch persönliche Mobilitätsberatung).

Für Hemmnisse zu den einzelnen in Mobilitätszentralen enthaltenen (Verkehrs-)Angeboten (z.B. Ladeinfrastruktur, Carsharing, Bikesharing), siehe die entsprechenden Konzepte. Die Konzepte der Folgekapitel zeigen auch Lösungsmöglichkeiten für einzelne Angebote innerhalb einer physischen Mobilitätszentrale, z.B. Sharing, Ladeinfrastruktur, Paketstation auf.

### 4.1.3 Konzept: Fahrten bündeln – Ride-Sharing und Ride-Pooling




„Ride-Sharing“, „Ride-Pooling“ und „Ride-Hailing“ verbinden die Merkmale des traditionellen, nachfragegesteuerten Taxiverkehrs mit den Merkmalen des traditionellen, kollektiven Verkehrs im ÖPNV zu nachfragegesteuerten, kollektiven „Mitfahrgemeinschaften“. Sie sind – ebenso wie das stationsunabhängige „free-floating“ Carsharing – durch die Digitalisierung und die Verbreitung mobiler Endgeräte möglich geworden. Vielfach entstehen dabei neue Branchenkooperationen zwischen Automobilindustrie, Plattformbetreibern und lokalen Verkehrsunternehmen. Für die Anbieter der Mobilitätsplattformen stellen sich ähnliche Herausforderungen wie für andere Modelle plattformbasierter Dienstleistungen, zum Beispiel im Bereich Verfügbarkeit und Güte von Daten, sowie Datenschutz und Datensicherheit, die im Kontext der Digitalisierung vertieft beleuchtet werden.

**Ride-Hailing,** im ursprünglichen Wortsinn das Herbeiwinken zum Beispiel eines Taxis, bezeichnet dabei mittlerweile das Nutzen von plattformbasierten Mobilitätsangeboten zur nachfrageorientierten Buchung von Fahrdiensten.[177] Ride-Hailing kann auch individuelle Fahrten anbieten, die herkömmlichen Taxidiensten strukturell sehr ähnlich sind. In der Kombination mit Ride-Pooling ähneln die neuen Dienste dem herkömmlichen, kollektiv genutzten (Anruf-)Sammel-Taxi. Kontroversen bestehen um die Zulässigkeit der neuen Angebote insbesondere nach dem Personenbeförderungsrecht sowie zum Teil um die Tarifstrukturen („surge pricing“).[178]

**Ride-Sharing** ist dabei ein Dachbegriff für verschiedene Varianten kollektiven Verkehrs – grundsätzlich beinhaltet der Begriff das (Ver-)Teilen von freien Sitzplätzen in Fahrzeugen mit Reisenden zum selben Ziel.[179] Während darunter im herkömmlichen Begriffsverständnis auch die private, nichtkommerzielle Fahrgemeinschaft fällt, sollen im Kontext der vorliegenden Analyse ausschließlich kommerzielle Angebote betrachtet werden.[180] Die Fahrten sind hier nicht an einen Fahrplan oder eine Linie gebunden, i.d.R. aber an ein Gebiet. Die Abfahrtszeit, der Start und das Ziel richten sich nach den Wünschen der Fahrgäste (Individualisierung des ÖPNV). Der Fahrdienst steht allen zur Verfügung und ist damit öffentlicher Verkehr. Der Fahrdienst wird mit Pkw oder Kleinbussen umgesetzt.[181]

**Ride-Pooling** ist eine Unterkategorie des nachfragegesteuerten Ride-Sharings. Hierbei werden zusätzlich IT-Algorithmen eingesetzt, um bereits bei der App-basierten Buchung Fahrtwege und ähnliche Ziele zu bündeln.[182] Ziel ist dabei eine möglichst effiziente Gestaltung des Ride-Sharings. Für den einzelnen Fahrgast kann hierdurch Start, Route oder Ziel von den individuellen Wünschen abweichen.

Die Ausgestaltungen sind anbieterabhängig unterschiedlich, beispielsweise beim Zu- und Ausstieg an Wunschorten (CleverShuttle) oder an festgelegten Haltepunkten (MOIA, BerlKönig) und der Tarifstruktur.

[177] Eigene Definition, basierend auf Ellner, Schumacher, & Hartwig, 2018, S. 5.
[178] Dräbing, T., 2019.
[179] Übersetzung aus Ellner, Schumacher, & Hartwig, 2018, S. 5.
[180] Dies wird zuweilen begrifflich weiter unterteilt und mit dem Begriff „ride-selling“ bezeichnet, vgl. Randelhoff, 2014.
[181] Verkehrsclub Deutschland e.V., 2019.
[182] GHT Mobility GmbH, 2019.

In einigen Städten der USA werden bereits bis zu 15 Prozent der Wege mit hybriden Verkehrsangeboten zurückgelegt. Analysen im kalifornischen San Francisco ergeben einen deutlichen Anstieg des Verkehrsaufkommens im MIV, der innerhalb eines Zeitraums von sechs Jahren zu rund zwei Drittel den neuen Angeboten zugerechnet wird.[183] Etwa die Hälfte der mit diesen Angeboten zurückgelegten Wege substituieren Fuß- und Radwege. Als Ursache der veränderten Verkehrsmittelwahl wurden die geringen Preise ermittelt. Zugleich wurde ein Anstieg des Pkw-Bestands und teils erheblich längere Fahrzeiten des Pkw-Verkehrs ermittelt. Simulationen für die Innenstadt von Berlin ergaben einen deutlichen Anstieg des Pkw-Verkehrs, da Fußgänger und Radfahrer zu den neuen Verkehrsangeboten wechseln.[184] Die klimaseitigen Wirkungen sind daher in relevanter Größenordnung negativ. Die beiden marktbeherrschenden Plattformbetreiber Uber und Lyft verfügen über keine eigenen Fahrzeuge, die Fahrten werden von selbstständigen Unternehmen auf der Grundlage von Verträgen mit hoher Abhängigkeit von den Plattformbetreibern durchgeführt.

Unter Umwelt- und Klimaaspekten wird für die Sharing-Konzepte Potenzial durch die effizientere Nutzung der Straßen und Fahrzeuge sowie durch die Nutzung lokal emissionsfreier Antriebe (E-Fahrzeuge und Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge) gesehen.[185] Ride-Sharing in Kombination mit einem gut ausgebauten Umweltverbund wird das Potenzial zugesprochen, die heutigen Mobilitätsbedürfnisse in Städten mit weniger als 10 Prozent der heutigen Fahrzeugflotte zu erfüllen.[186]

**Praxisbeispiel CleverShuttle**

CleverShuttle ist ein als Mietwagenunternehmen konzessionierter RidePooling-Fahrservice. Unter dem Motto „Günstig, grün, gemeinsam“ verbindet er Menschen mit den gleichen Reisezielen in einer Fahrgemeinschaft innerhalb städtischer Zentren. Im Unterschied zum Taxi, sind spontane Zwischenstopps oder Routenänderungen in der Regel nicht möglich. Dafür wird ein bis zu 50 Prozent günstigerer Fahrpreis als mit einem Taxi angeboten.

Nach Angaben des Unternehmens wurden bisher mehr als 1.000 Tonnen CO2 eingespart. Über die Bündelung ähnlicher Fahrstrecken können bis zu vier innerstädtische Pkw-Fahrten ersetzt werden. Zudem fahren die CleverShuttle-Fahrzeuge ausschließlich mit Elektro- und Wasserstoffantrieb. Im Einsatz sind mittlerweile 300 Elektrofahrzeuge, davon 55 Wasserstoff-Autos (Toyota Mirai): CleverShuttle betreibt damit die weltweit größte Flotte an Brennstoffzellenfahrzeugen.

Die Deutsche Bahn ist Partner des Start-ups, das derzeit in Berlin, Leipzig, Kiel, München, Dresden und Düsseldorf aktiv ist (in Hamburg, Stuttgart und Frankfurt/Main wurde der Dienst im Herbst 2019 eingestellt).

Der Einsatz der Wasserstofffahrzeuge wird durch Mittel aus dem Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und dem Klimaschutzprogramm der Freien und Hansestadt Hamburg gefördert.

Befürchtungen bestehen dahingehend, dass ein Zugewinn an Schnelligkeit und Bequemlichkeit von Ride-Sharing-Angeboten die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber dem ÖPNV erhöhe, was für den ÖPNV zu einer negativen Kostenspirale führen und zudem erreichte Verlagerungen vom MIV konterkarieren könnte.[187]

**Relevante Akteure**

Unter den Anbietern für nachfragegesteuertes Ride-Sharing und Ride-Pooling finden sich Vertreter der Automobilindustrie (VW – MOIA; BMW-Daimler – Share Now, Free Now[188]), Plattformbetreiber (Uber, CleverShuttle)

[183] Für einen umfassenden Überblick über den Stand der Forschung zu den verkehrlichen Effekten der Angebote von uber und Lift mit Fokus auf San Francisco vgl. Erhardt, et al., 2019. zu den Effekten in New York vgl. Schaller Consulting, 2017.
[184] Nagel zitiert nach: Schleicher, 2019.; entsprechende Publikationen sind in Vorbereitung.
[185] Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017.
[186] .Ebd. S. 119; dort unter Verweis auf Modellierungen von Fagnant und Kockelmann (2014), ITF (2016), Friedrich und Hartl (2016).
[187] Ebd S. 118 m. w. N.; Die Veröffentlichung bezieht sich an dieser Stelle auf autonomes Fahren. Die genannten Befürchtungen hinsichtlich der Auslagerung von Daseinsvorsorge-Aufgaben lassen sich die Risiken mit denen des fahrergesteuerten Ridesharings vergleichen.
[188] Moovel Group GmbH, 2019.

sowie lokale Verkehrsunternehmen (beispielsweise die Berliner Verkehrsbetriebe BVG mit dem „BerlKönig“). Genehmigungen nach Personenbeförderungsgesetz (PBefG) werden durch die personenbeförderungsrechtliche Aufsichts- und Genehmigungsbehörde erteilt, beispielsweise in Hamburg die Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (BWVI)[189], in Berlin das Landesamt für Bürger- und Ordnungsangelegenheiten (LABO).[190]

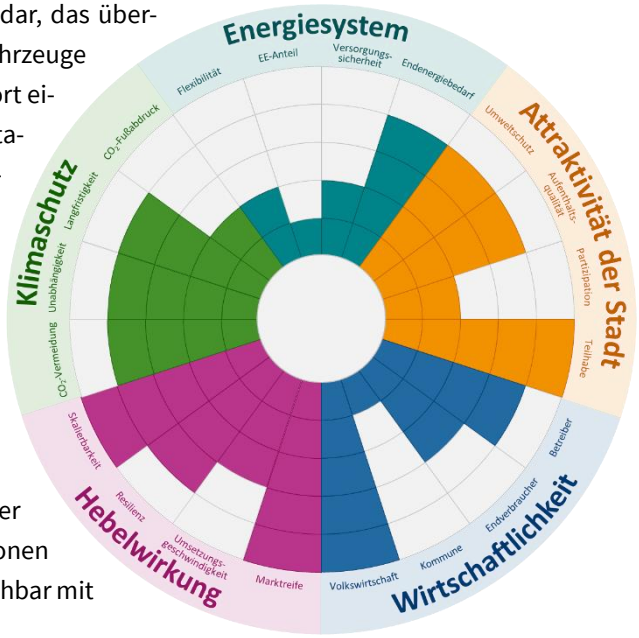
**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Das Personenbeförderungsgesetz (PBefG) mit seinen strengen Vorgaben (Typenzwang, Genehmigungspflichten) bildet bei der Etablierung neuartiger Ride-Pooling- und Ride-Sharing-Dienstleistungen ein gewichtiges Hemmnis. Dabei sind mehrere Vorschriften mit den oben beschriebenen Konzepten nicht in Einklang zu bringen. Beispielsweise besteht nach geltender Rechtslage gemäß § 49 Abs. 4 S. 3 PBefG eine Rückkehrpflicht für Mietwagen, zudem verstößt die Einzelsitzvermietung bei kommerziellen Ride-Pooling-Diensten gegen § 49 Abs. 4 S. 1 PBefG. Die **Reformierung des PBefG** erfordert jedoch einen Interessenausgleich zwischen klassischem ÖPNV, Taxi- und Mietwagengewerbe einerseits und neuen Diensten andererseits, der unter widerstreitenden sozialen, marktwirtschaftlichen, ökologischen und Innovationsargumenten geführt wird.[191]

Die Lösungsmöglichkeiten für stationsbasierte Sharing-Angebote verhalten sich analog zu denen für Ride-Sharing- und Ride-Pooling-Angebote. So sind weitgehende Korrekturen bei den Abgabenregelungen für den MIV, die auf Anschaffung, Halten und Nutzung abzielen, einschließlich einem Abbau von verkehrs-, umwelt- und klimapolitisch kontraproduktiven Subventionen des MIV (u.a. Dienstwagenprivileg, Pendlerpauschale, verringerte, nicht $CO_2$-korrlierte Steuersätze für Kraftstoffe) notwendig. Auch muss eine übergeordnete Rechtsgrundlage für die Anforderungen eines interoperablen, kommunalen Gesamtverkehrsangebots geschaffen werden, welches neue Mobilitätsangebote in das ÖPNV-Angebot integriert, um fehlende Mobilitätsangebote in nachfrageschwächeren Gebieten sowie Fehlnutzungen und Konflikte im öffentlichen Raum zu vermeiden.

### 4.1.4 Konzept: Stationsgebundenes Car- und Bikesharing

Stationsgebundenes Sharing stellt ein Verkehrsangebot dar, das überwiegend für „geplante“ Verkehre genutzt wird, da die Fahrzeuge an den Ausleihort zurückgebracht werden müssen und dort einen reservierten Parkplatz vorfinden. Die Mehrheit der Stationen befindet sich dem Bundesverband Carsharing zufolge dezentral verteilt in den Wohngebieten auf größtenteils privaten Flächen in Hinterhöfen, Tief- und Hochgaragen.[192]




Bikesharing-Stationen sind dagegen meist auf öffentlichem Straßenland installiert. Hierfür ist eine Sondernutzungserlaubnis erforderlich. Hierdurch soll eine Ordnung der Nutzung des öffentlichen Raums erreicht und Verkehrssicherheitsrisiken durch ungeordnet abgestellte Räder vermieden werden. Für die Kunden sind Sharing-Stationen einprägsame Orientierungspunkte im Stadtraum, vergleichbar mit

[189] Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation Hamburg, 2016.
[190] Landesamt für Bürger- und Ordnungsangelegenheiten Berlin, 2019.
[191] Deutscher Bundestag, 2019c. Knie & Ruhrort, 2019, S. 5-7., Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, 2019, S. 35.
[192] Bundesverband Carsharing e.V., 2016, S. 35.

ÖPNV-Haltestellen und Bahnhöfen. Stationsbasiertes Bikesharing erlaubt im Gegensatz zu stationsbasierten Carsharing auch One-Way-Fahrten, da die Leihräder auch an anderen Stationen zurückgegeben werden können.

**Relevante Akteure**

Unter den Anbietern für stationsbasiertes Carsharing finden sich zahlreiche Unternehmen, wie zum Beispiel stadtmobil, cambio, teilAuto (Mobility Center), Flinkster, book-n-drive, die zum Teil seit mehr als einem Jahrzehnt in diesem Geschäftsfeld aktiv sind. [193] Die Zahl der Anbieter von stationsbasiertem Bikesharing ist im Vergleich dazu geringer. Zu den etablierten Unternehmen zählen u. a. Call a Bike der Deutschen Bahn und Nextbike bzw. Bikesharing-Systeme verschiedener Stadtwerke (Mainz, München etc.).

Besonders relevant sind im Kontext von stationsbasierten Sharing-Angeboten die Kommunen als Eigentümerinnen des öffentlichen Straßenlandes, welche über die Ausweisung von Sonderstellflächen für Sharing-Fahrzeuge im öffentlichen Straßenraum entscheiden. Darüber hinaus kommen Eigentümer und Betreiber privater, jedoch öffentlich zugänglicher Parkflächen – wie beispielsweise von Parkhäusern – für die mögliche Bereitstellung von Flächen für Sharing-Stationen in Frage.

**Praxisbeispiel Flinkster**

Erstmalig bot die Deutsche Bahn im März 2009 in Köln und Stuttgart im Rahmen eines Pilotprojektes 130 Kleinwagen unter dem Namen Flinkster an. Heute hat Flinkster in über 400 Städten an mehr als 2.500 festen Stationen rund 4.500 Fahrzeuge zur Verfügung. Die Autos lassen sich stunden- bis monatsweise buchen. Rund 30 Carsharing-Partner im Netzwerk bieten Mobilität rund um die Uhr. Elektro- und Hybridfahrzeuge in der Flotte verringern die durchschnittlichen Emissionen der Flotte und DB Energie stellt innerhalb Deutschlands an Bahnhofsparkplätzen Ladesäulen für die 600 E-Autos des Flinkster-Netzwerks bereit. An den Bahnhöfen Frankfurt am Main, Hanau, Regensburg und Düsseldorf wurden öffentlich zugängliche Schnellladesäulen mit Ökostrom errichtet.

Auch die herkömmlichen Flinkster-Autos sind laut Betreiber umweltfreundlicher als private Pkw, da sie bessere Effizienzklassen und dementsprechend niedrigere $CO_2$-Emissionen pro Kilometer haben. Zudem haben die Sharing-Fahrzeuge eine höhere Auslastung als private Pkw und verringern damit sowohl „Kaltstarts“ als auch den Fahrzeugbestand auf den Straßen – laut Flinkster um zu bis zu 15 Prozent.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Das Umwidmen von Parkplätzen, welche bisher für alle Pkw nutzbar waren, in reservierte Parkstände in stationsgebundene Carsharing-Angebote, kann Widerstand von Anwohnern und Einzelhandel hervorrufen.

In Städten mit einer politisch ambitionierten Radverkehrsförderung und einem hohen Radverkehrsanteil wird der Bedarf und die Nachfrage nach Bikesharing-Angeboten als gering eingeschätzt, da der Markt bereits als gesättigt erscheint und der öffentliche Raum bereits entsprechend genutzt wird. Darüber hinaus können lokale ÖPNV-Betreiber und Kommunen Sharing-Angebote, vor allem Carsharing, als Konkurrenz zum ÖPNV wahrnehmen, Fahrgast- sowie Einnahmeverluste befürchten und daher vor Investitionen in Sharing-Angebote zurückschrecken.[194]

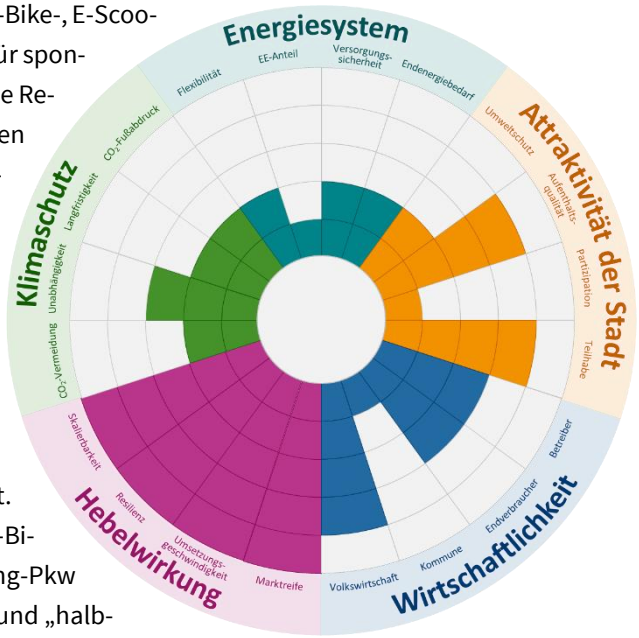
Zur Unterstützung der Klimazielerreichung werden weitgehende **Korrekturen bei Abgabenregelungen für den MIV** empfohlen, die auf die Anschaffung, das Halten und die Nutzung abzielen. Zudem sollten verkehrs-, umwelt- und klimapolitisch kontraproduktive Subventionen des MIV (u.a. Dienstwagenprivileg, Pendlerpauschale, nicht $CO_2$-bezogene Kraftstoffsteuern) abgebaut werden.

Ergänzend scheint die **Schaffung einer übergeordneten Rechtsgrundlage** für die Anforderungen eines interoperablen, kommunalen Gesamtverkehrsangebots notwendig, welches neue Mobilitätsangebote in das

[193] Bundesverband Carsharing e.V., 2018a, S. 3.
[194] Borcherding, Hartwig, & Karl, 2010, S. 45 f.

ÖPNV-Angebot integriert. Somit können fehlende Mobilitätsangebote in nachfrageschwächeren Gebieten sowie Fehlnutzungen und Konflikte im öffentlichen Raum vermieden werden.

### 4.1.5 Konzept: Stationsunabhängiges Car-, Scooter- und Bikesharing




Stationsungebundenes Sharing wird am Markt für Bike-, E-Bike-, E-Scooter-, Car- und E-Carsharing angeboten und überwiegend für spontane und kurze Wege genutzt. One-Way-Nutzungen sind die Regel.[195] Die Fahrzeuge werden innerhalb eines abgegrenzten Geschäftsgebiets angemietet und zurückgegeben. Die Geschäftsgebiete entsprechen zumeist den hochverdichteten Teilräumen einer Stadt.[196] Dafür wird überwiegend öffentliches Straßenland genutzt. Die Lokalisierung der Fahrzeuge und die Authentifizierung der Kunden erfolgt mittels GPS und mobilen Endgeräten oder Kundenkarten. Beim Scooter- und Carsharing ist neben der Registrierung eine Prüfung der Fahrerlaubnis der Kunden erforderlich. Die Nutzungstarife sind überwiegend zeitbasiert. Das Wiederaufladen der Fahrzeugbatterien erfolgt bei E-Bikes und E-Scootern durch Tausch vor Ort, E-Carsharing-Pkw werde überwiegend an Ladeinfrastruktur im öffentlichen und „halb-öffentlichen" Raum geladen. Carsharing-Pkw mit Verbrennungsmotor werden an öffentlichen Tankstellen versorgt.

Stationsungebundenes Sharing wird überwiegend in Großstädten angeboten. Knapp ein Fünftel der Nutzer des stationsunabhängigen Carsharings geben an, das Angebot mindestens einmal pro Woche in Anspruch zu nehmen, die restlichen Nutzer nutzen es seltener.[197] Eine verkehrliche Relevanz dieser Angebote ist bisher nicht erkennbar; die verkehrliche Funktion ist tendenziell dem Taxi-Verkehr verwandt und wird als zusätzliches urbanes Verkehrsangebot wahrgenommen.

**Relevante Akteure**

Stationsungebundenes Sharing wird von zahlreichen Unternehmen angeboten, die bei Scooter- und Carsharing-Angeboten vielfach mit Fahrzeugherstellern oder deren Zulieferern verbunden sind, Bikesharing-Angebote (zum Beispiel von Limebike, Mobike, Donkey Republic, Uber JUMP) sind häufig von Unternehmen initiiert, deren Geschäftsmodell auf dem Zugang zu Daten beruht oder von städtischen Verkehrsunternehmen aus Gründen der Daseinsvorsorge.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Ein wesentliches Hemmnis für stationsunabhängige Konzepte ist, dass keine ausreichenden Rechtsgrundlagen für eine nachhaltige Steuerung der stationsunabhängigen Angebote auf kommunaler Ebene vorhanden sind, beispielsweise hinsichtlich der Einbindung in ein integriertes kommunales Verkehrsangebot und der Schaffung einer kundenorientierten Benutzeroberfläche.

[195] Vgl. für Nutzung des stationsungebundenen Carsharing Institut für Verkehrsforschung im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., 2016, S. 156.
[196] Bundesverband Carsharing e.V., 2018b, S. 9.
[197] Ebd. S. 28.

Aktuell ist eine Wirtschaftlichkeit der Angebote, wenn überhaupt, nur in sehr bevölkerungsreichen Metropolen gegeben. Soll sich dies ändern, bedarf es einer Änderung des Abgabensystems des MIV, der das Halten des eigenen Pkw weniger attraktiver macht.

Die Akzeptanz von stationsunabhängigen Sharing-Angeboten bei Kommunen, Verkehrsplanern, ÖPNV und Bürgern wird stark von dessen gesamtverkehrlich relevanter Funktion abhängen.

Die Lösungsmöglichkeiten für stationslose Sharing-Angebote verhalten sich analog zu denen für stationsbasierte Angebote:

Weitgehende **Korrekturen bei Abgaben für den MIV**, die auf die Anschaffung, das Halten und die Nutzung abzielen, einschließlich einem Abbau von verkehrs-, umwelt- und klimapolitisch kontraproduktiven Subventionen des MIV (u.a. Dienstwagenprivileg, Entfernungspauschale, Steuervergünstigungen für Dieselkraftstoff).

Schaffung einer übergeordneten Rechtsgrundlage für die Anforderungen eines interoperablen, kommunalen Gesamtverkehrsangebots, welches neue Mobilitätsangebote in das ÖPNV-Angebot integriert. Somit können fehlende Mobilitätsangebote in nachfrageschwächeren Gebieten sowie Fehlnutzungen und Konflikte im öffentlichen Raum vermieden werden (siehe Handlungsempfehlungen zu Intermodalität). Ausschließliche Angebote in Innenstädten, in denen der ÖPNV gut vertreten ist, sollten vermieden werden. Wenn Betriebsgebiete in Innenstädten eingerichtet werden, sollte auch ein angemessenes Angebot in den äußeren Stadtbezirken eingeführt werden.

**Praxisbeispiel Stella Sharing**

Die Stadtwerke Stuttgart bieten mit Stella Sharing seit 2016 E-Roller in der Innenstadt stationsunabhängig zur Miete, betrieben mit 100 Prozent Ökostrom der Stadtwerke Stuttgart. Zur Saison 2019 wurde die Flotte auf 200 E-Roller verdoppelt.

Den Bürgerinnen und Bürgern in der Landeshauptstadt sollen die E-Roller die Möglichkeit geben, flexible und bezahlbare E-Mobilität in der Großstadt zu erleben. Die Stadtwerke verstehen Stella Sharing als Ergänzung der bestehenden Mobilitätslösungen in Stuttgart, um die Belastung durch Feinstaub, Lärm, etc. zu reduzieren. Gleichzeitig soll Stella den fließenden Übergang zwischen urbaner Mobilität und (über)regionalen Verkehrsmitteln unterstützen.

Bisher legten die Stella-Nutzer mehr als 560.000 Kilometer zurück. Sie vermieden damit laut Anbieter mehr als 14 Tonnen $CO_2$ im Vergleich zu konventionell betriebenen Rollern.

Die Reichweite der E-Roller mit einer Akkuladung beträgt 100 Kilometer. Die Stuttgarter Firma VeloCARRIER mit ihren elektrischen Lastenfahrrädern übernimmt den Tausch der leeren gegen volle Akkus direkt am E-Roller. Auch sie fährt mit Ökostrom der Stadtwerke.

## 4.2 Ansatz: Ladeinfrastruktur und Ladekonzepte für Elektrofahrzeuge

Als eine Kernoption der „Energiewende im Verkehr“ gilt die direkte Stromnutzung aus erneuerbaren Energien für batterieelektrische Fahrzeugantriebe.[198] Eine zentrale Voraussetzung bleibt der Aufbau eines bedarfsgerechten Angebotes an Ladeinfrastruktur (LIS). Diese Voraussetzung wird deshalb als Ansatz zur Erreichung der urbanen Energiewende untersucht. Die Bereitstellung von Flächen für Ladestellplätze, die Integration einer

[198] Agora Verkehrswende, 2017, S. 16.

Vielzahl von Netzanschlüssen (z.B. bei Depots oder Mikro-Depots) in die Stromverteilnetze und weitere Bedingungen flächendeckender Ladeinfrastruktur[199] treffen auf die oben genannten Zielkonflikte im urbanen Raum zu (vgl. Kapitel 2.3).

Für den öffentlichen Raum beziffert der von der Bundesregierung im November 2016 verabschiedete Nationale Strategierahmen (NSR) diesen Bedarf.[200] Dieser Strategierahmen ist Teil der Umsetzung der EU-Richtlinie 2014/94/EU über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (Alternative Fuels Infrastructure Directive, AFID).[201] Auf der Grundlage verschiedener Studien geht die Bundesregierung davon aus, dass bis 2020 rund 36.000 Normalladepunkte (Ladeleistung bis 22 kW) und 7.000 Schnellladepunkte (ab 22 kW[202]) benötigt werden.[203] Derzeit gibt es rund 17.400 öffentlich zugängliche Ladepunkte in ganz Deutschland, von denen etwa 12 Prozent Schnelllader sind.[204] Vergleichbare Bedarfsermittlungen für den privaten Bereich liegen derzeit nicht öffentlich verfügbar vor.[205]

Beim Aufbau flächendeckender LIS, unter Berücksichtigung des öffentlichen, des sogenannten halböffentlichen und des privaten Raums bestehen besonders in vier Bereichen Herausforderungen:

Die Gestaltung der technischen Ausstattung durch **Normung und Standardisierung** der Hardware: Hierzu zählen zum Beispiel die Verbindungselemente zum Fahrzeug (Kabel und Stecker), die Stromarten (Wechsel- und Gleichstrom, AC/DC) und die Ladeleistung (mögliche Leistung bei der Abgabe bzw. Aufnahme von Strom, in kW), sowie die entsprechende Messtechnik.

Die Gestaltung der digitalen Ausstattung durch **Informations- und Kommunikationstechnik** und Software: Die Nutzerauthentifizierung (v. a. bei öffentlich zugänglicher LIS), die Übermittlung von Messwerten und Abrechnungsdaten sowie perspektivisch die Vernetzung von Fahrzeugen und Energiesystem erfordern komplexe Softwarelösungen. Individuelle Schnittstellen, insbesondere zwischen LIS und eRoaming-Plattformen, behindern ebenso wie proprietäre Kommunikationsprotokolle interoperable Lösungen und erhöhen die Kosten.[206]

Die Gestaltung von Interessenausgleichen bei der **räumlichen Verteilung von Ladepunkten**: Hinsichtlich der räumlichen Verteilung der Ladepunkte werden Interessenunterschiede zwischen den beteiligten Akteuren deutlich. Für LIS-Betreiber ist eine hohe Auslastung der LIS primäres Planungsziel. Dieses wird durch Konzentration der Infrastruktur an Nachfrageschwerpunkten angestrebt. Die Nutzer der LIS wünschen dagegen ein möglichst flächendeckendes und breites Angebot aller Ladetechnikvarianten. Für die Betreiber der Stromnetze sind dagegen geringe Auswirkungen auf das bestehende Netz von Interesse.

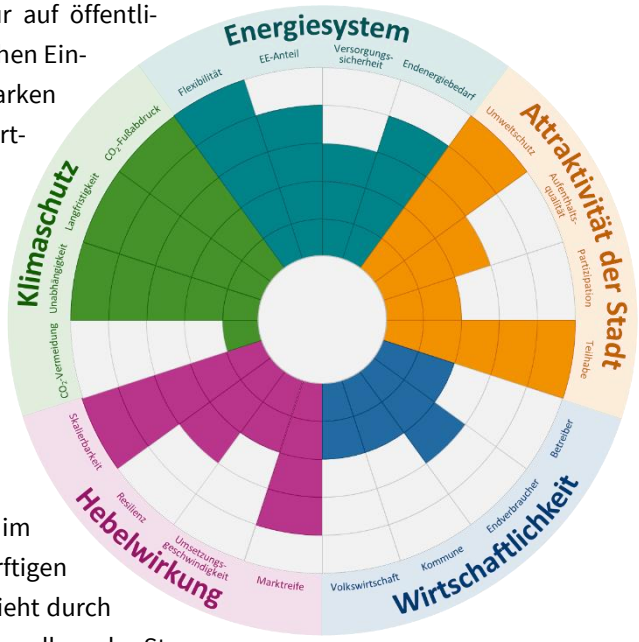
Gleichzeitigkeiten bei der Stromnachfrage (zum Beispiel ladende E-Fahrzeuge, Wärmepumpen, Speicher, Hausstrom), insbesondere bei Bezug aus erneuerbaren Energien, kann im Bereich der Ladeinfrastruktur mit **Lastmanagement** (engl. load balancing) begegnet werden. Hierbei wird die Ladeleistung der an einem Netzanschluss (Niederspannungsnetz) befindlichen Ladepunkte in Abhängigkeit der Auslastung dynamisch reguliert, um Überlastungen des Anschlusses zu vermeiden. In diesem Kontext lässt sich auch die Zahl der Netzanschlüsse und der damit verbundene bauliche Aufwand an Orten mit mehreren Ladepunkten (zum Beispiel Tiefgarage oder „Charging Plaza“) reduzieren.

---

[199] Ebd. S. 56.
[200] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2016b.
[201] Richtlinie 2014/94/EU (AFID) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe Text von Bedeutung für den EWR.
[202] Die Definition Normalladepunkt < 22 kW, Schnelladepunkt > 22 kW entstammt Art. 2 Nr. 4, Nr. 5 AFID und wird in Deutschland durch § 2 NR. 7, Nr. 8 Ladesäulenverordnung (LSV) vom 9. März 2016 (BGBl. I S. 457), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Juni 2017 (BGBl. I S. 1520) geändert worden ist, umgesetzt.
[203] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2016b, S. 5.
[204] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2019b.
[205] Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, 2019a.
[206] Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität, 2018, S. 60 ff.

Für die für die Regulierung der Nutzung des öffentlichen Raums zuständigen Behörden stehen dagegen Verkehrssicherheitsaspekte und möglichst geringe Nutzungskonkurrenzen im Vordergrund.

### 4.2.1 Konzept: Öffentliche Ladeinfrastruktur




Öffentliche Ladeinfrastruktur bedeutet Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Straßenland (beispielsweise neben einem öffentlichen Einzelparkplatz am Straßenrand); auf städtischen, zum Parken freigegebenen Flächen, sowie in Zonen der Parkraumbewirtschaftung (beispielsweise Anwohnerparken).

Um Ladeinfrastruktur verträglich in den Straßenraum zu integrieren, sind idealerweise verkehrliche, technische, ökonomische und gestalterische Aspekte im Rahmen eines kommunalen Ladeinfrastrukturkonzepts zu berücksichtigen. Damit die Ansprüche an den Beitrag zur urbanen Energiewende erfüllt werden können, bedarf es einer Versorgung mit erneuerbaren Energien.[207]

Im verdichteten urbanen Raum muss Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum in Ausgleich mit anderen flächenbedürftigen Konzepten gebracht werden (vgl. oben 3.3.2). Dies geschieht durch kommunale Planungs- und Genehmigungsprozesse auf Grundlage des Straßen- und Straßenverkehrsrechts. Technische Aspekte, wie die Kommunikation von Ladesäulen untereinander und mit dem Backend des Betreibers, sowie Steckerstandards (Interoperabilität von Steckersystemen, Ladepunkten und Fahrzeugen), werden durch technische und Normungsgremien auf Basis des Mess- und Eichrechts definiert und von Herstellern umgesetzt.[208] Für Nutzer stellen sich diese Prozesse als Hintergrundprozesse dar „Vor" der Ladesäule zählt, dass die Bedienung einfach ist, die Preise transparent sind und die Beladung zuverlässig vonstattengeht.[209]

Ladeinfrastruktur ist innerhalb des Energiesystems nach § 3 Nr. 25 EnWG grundsätzlich als Letztverbraucher definiert. Die Integration von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge soll zur Flexibilisierung von Angebot und Nachfrage im Sinne des § 1a Abs. 3 EnWG beitragen. Für den Netzanschluss von Ladepunkten gilt die Pflicht an die Betreiber von Energieversorgungsnetzen, technisch und wirtschaftlich diskriminierungsfreie Anschlussbedingungen auch gegenüber nicht verbundenen Unternehmen zu gewährleisten (§ 17 Abs. 1 S. 1 EnWG).

**Relevante Akteure**

Kommune: Wirkt als Eigentümerin öffentlicher Flächen an der Auswahl und Bereitstellung geeigneter Parkstände mit. Der Straßenbaulastträger (i.d.R. Tiefbauamt), erteilt für die Errichtung und den Betrieb eine Sondernutzungserlaubnis. Die zugehörigen Parkstände sind durch die zuständige Straßenverkehrsbehörde mit einer in der Straßenverkehrsordnung (StVO)[210] festgelegten Beschilderung und Markierung zu versehen. Darüber hinaus kann die Kommune (in Verbindung mit Land oder Bund) als Fördermittelgeberin für die Bereitstellung

[207] Agora Verkehrswende, 2017, S. 53.
[208] Zum Beispiel in Physikalisch-technische Bundesanstalt, 2017.
[209] Verbraucherzentrale Bundesverband, 2018.
[210] Straßenverkehrs-Ordnung vom 6. März 2013 (BGBl. I S. 367), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 6.Oktober 2017 (BGBl. I S. 3549) geändert worden ist.

von öffentlicher Ladeinfrastruktur involviert sein und in diesem Kontext Anforderungen an LIS im öffentlichen Raum zum Beispiel in Ausschreibungen oder Konzessionen definieren.

LIS-Betreiber (Charge Point Operator, CPO) errichten Ladeinfrastruktur und sind für Betrieb sowie in der Regel auch für die Wartung verantwortlich. Elektromobilitätsanbieter (Electro Mobility Provider, EMP, sowie Mobility Service Provider, MSP) ermöglichen den Nutzern Zugang zur Ladeinfrastruktur und die Abrechnung von Ladevorgängen. Eine Reihe von Stadtwerken und Energieversorgungsunternehmen treten gleichzeitig oder über Tochtergesellschaften als Netzbetreiber, Energieversorger für die Ladeeinrichtungen, CPO und MSP auf. Von energiewirtschaftlicher Seite sind sowohl die EVU als auch die lokalen VNB an der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur beteiligt. Für viele Akteure ist das Angebot von LIS und Ladestrom ein neues Geschäftsfeld. Weitere Akteure sind zum Beispiel Architekten und Städteplaner, sowie Elektroplaner und -installateure.[211]

**Praxisbeispiel Neue Berliner Luft**

Im Rahmen des „Sofortprogramms Saubere Luft 2017 bis 2020“ vom Bundeswirtschaftsministerium setzt ein Konsortium aus Berliner Wirtschaft, Forschung und Politik rund um das Unternehmen ubitricity das Projekt „Neue Berliner Luft“ zur Ladeinfrastruktur um.

Das Projekt enthält die Schaffung von 1000 Ladepunkten an öffentlichen Laternen und 600 Ladepunkten im gewerblichen/privaten Bereich. Untersucht werden soll, wie der Aufbau öffentlicher Ladepunkte für Anwohnerinnen und Anwohner ohne dauerhaften und gesicherten Zugang zu privaten Parkplätzen erfolgen kann. Das Laternenladeprojekt soll in das Berliner Modell integriert werden.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Für die Akteure des Marktes besteht eine hohe Komplexität des Rechtsrahmens. Wie oben beschrieben existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Regelungen, die einen direkten oder indirekten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Geschäfts haben. Fehlende gefestigte Rechtsauffassungen sowie fehlende Umsetzungsroutinen in der Verwaltung erschweren zudem den zügigen Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur.

Hohe Kosten und die damit verbundene Sorge vor Fehlinvestitionen: Geschäftsfelder rund um Elektromobilität und Ladeinfrastruktur bestehen in der Regel aus relativ neuen Produkten und Dienstleistungen, für die noch keine Standard-Prozessketten etabliert und die dadurch mit wirtschaftlichen Risiken behaftet sind.[212]

Um die Sorge vor Fehlinvestitionen auf Anwenderseite (Nutzer der Elektromobilität) zu reduzieren, sollte der Ausbau von AC-Ladeinfrastruktur auf privatem Grund (insbesondere an Wohn- und Arbeitsorten mit längeren Fahrzeugstandzeiten) sowie der Ausbau von DC-Ladeinfrastruktur auf privatem Grund mit „Tankstellenfunktion“ (insbesondere an Orten mit kurzer Verweildauer, beispielsweise zum Einkaufen) vorangetrieben werden.

Durch die Schaffung von Rechtsgrundlagen und wirksame Tarifregelungen können Anschlusszeiten, die über die eigentliche Ladezeit hinausgehen, reduziert werden, beispielsweise durch Erhebung einer „Infrastruktur-Nutzungsgebühr). Zudem müssten technische Standards zur Entriegelung von Ladekabeln festgelegt sowie in der Ladesäulenverordnung die Rechtsgrundlagen geschaffen werden, damit Ordnungskräfte im Fall von Umsetzungen das Auto von der Ladesäule trennen können.

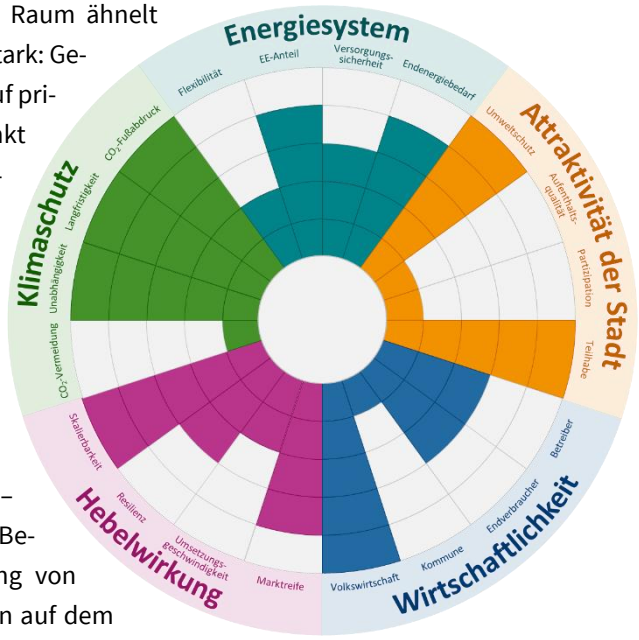
Die Ladesäulenverordnung sollte auch hinsichtlich der Festlegung von Basis-Authentifizierungstechniken und offener, nicht-proprietärer Schnittstellen weiterentwickelt werden, um im Sinn einer kundenorientierten „einheitlichen Benutzeroberfläche“ eine Integration in die Authentifizierungstechniken des ÖPNV ermöglichen. Dabei kann auf im ÖPNV republikweit eingeführte technische Standards (zum Beispiel die VDV-Kernapplikation) und die in den Verkehrsverbünden etablierten Strukturen aufgebaut werden.

[211] Deutsche Kommission Elektrotechnik – Elektronik – Informationstechnik in DIN und VDE, 2016.
[212] Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, 2019a, S. 11.

Um eine Fehlnutzung von Ladeinfrastruktur (beispielsweise durch Parken von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor oder Parken von Elektrofahrzeugen ohne Ladevorgang) effektiv zu ahnden, sollte die Beschilderung von „Ladestellplätzen“ weiterentwickelt werden – hier wird eine Rückkehr zur „Negativbeschilderung“ mit absolutem Haltverbot (Zeichen 283) zur Erleichterung der Parkraumüberwachung empfohlen.

Zudem sollte der rechtliche Rahmen geschaffen werden, um die eine netz- und systemdienliche, flexible Nutzung der Ladeinfrastruktur unter Berücksichtigung der Ansprüche und Rechte der Nutzer zu ermöglichen.

### 4.2.2 Konzept: Halböffentliche Ladeinfrastruktur




Das Konzept von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Raum ähnelt dem Konzept „Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum“ stark: Gemäß § 2 Nr. 9 Ladesäulenverordnung (LSV) gilt auch ein auf privatem Grund errichteter oder bewirtschafteter Ladepunkt als öffentlich zugänglich, wenn ein unbestimmter Personenkreis Zugang haben kann. Dazu zählen üblicherweise Parkplätze von Supermärkten, Tankstellen sowie privat bewirtschaftete Parkgaragen. Auch die EU-Richtlinie zum Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFID) bezieht weitergehend Privatgelände ein, das aufgrund einer Genehmigung oder Mitgliedschaft zugänglich ist.[213] Die Betreiber halböffentlicher Ladeinfrastrukturen sehen neben dem – meist nicht kostendeckenden – Verkauf von Ladestrom häufig weitere Gründe für den Betrieb, wie beispielsweise Marketingaspekte, die Bindung von Kunden und die Steigerung der Verweildauer des Kunden auf dem Unternehmensgelände (insbesondere im Einzelhandel und bei Freizeiteinrichtungen).

Auf vielen halböffentlichen Parkplätzen, zum Beispiel Lidl-/Kaufland- und IKEA-Parkplätzen, wird der Ladestrom derzeit (noch) an Kunden verschenkt. Sobald dagegen eine Abrechnung gegenüber dem Kunden erfolgen soll, sind dabei das Verbraucherschutzrecht und mit ihm die Vorgaben des Mess- und Eichrechts (MessEV, MessEG) sowie des Preisrechts (PAngV) zu beachten.

Bei der Einbindung ins Energiesystem unterscheiden sich die Konzepte nicht – eine Versorgung auch halböffentlicher LIS mit Strom aus erneuerbaren Energien ist erforderlich, um die Dekarbonisierung des Transportsektors zu fördern.[214] Auf privatem Grund steht eine größere Auswahl an Ladetechniken und Möglichkeiten des Netzanschlusses zur Verfügung als auf öffentlichem Straßenland, was den Gestaltungsspielraum erhöhen kann. Hier werden neben Ladesäulen auch sog. „Wallboxen” und Ladepunkte an Pollern installiert. Die Ladeinfrastruktur kann – je nach Standort und freier Kapazität – an den Hausanschluss oder an das öffentliche Netz angeschlossen werden. Bei mehreren Ladepunkten pro Liegenschaft kann „gesteuertes Laden“ (load balancing) zur Begrenzung der Ladeleistung zum Einsatz kommen.

Wesentlich einfacher als für öffentliche Ladeinfrastruktur gestalten sich auch die Genehmigungsprozesse, da eine straßenrechtliche Sondernutzungserlaubnis nicht erforderlich ist.

[213] Erwägungsgrund 26, AFID.
[214] Agora Verkehrswende, 2019a.

**Relevante Akteure**

Die für das Konzept „öffentliche Ladeinfrastruktur“ benannten Akteure der Energieversorgung sowie CPO und MSP sind auch im halböffentlichen Raum relevant. Insbesondere für Unternehmen mit Filialstruktur stellt sich die Frage nach einer eigenen Anbieterrolle oder der Auslagerung von Dienstleistungen rund um die Ladeinfrastruktur. Weniger im Fokus stehen die Straßen- und Straßenverkehrsbehörden.

**Praxisbeispiel Kooperation Lidl/Kaufland und WeShare**

Die Einzelhandelsgruppe Lidl/Kaufland baut in Kooperation mit VWs E-Carsharing Programm WeShare die Ladeinfrastruktur auf ihren Parkplätzen in Berlin aus. Insgesamt werden 70 Ladesäulen mit 140 Ladepunkten entstehen. Während die Ladesäulen tagsüber von den Einzelhandelskunden genutzt werden können, steht die Infrastruktur außerhalb der Öffnungszeiten für das Aufladen der WeShare-Flotte bereit. Hierdurch wird die Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Raum, die bisher nachts häufig ungenutzt blieb, effizienter genutzt. Der bereitgestellte Strom stammt aus 100 Prozent erneuerbaren Energien.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Hohe **Kosten und Sorge vor Fehlinvestitionen**: Das Hemmnis der Investitionsunsicherheit besteht auch im halböffentlichen Raum. Im Vordergrund dürften die großen Investitionsvolumina stehen, die insbesondere für den Aufbau von Schnellladesäulen erwartet werden. So geht der Handelsverband Deutschland für die Errichtung einer Ladesäule mit 22 kW Leistung von Vollkosten von bis zu 30.000 Euro aus.[215]

Die Umsetzung der **Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie** 2018 (EBPD)[216] mit ihren Vorgaben zur Mindestanzahl von Ladepunkten und Leerverrohrung für Lademöglichkeiten bis 2020 steht aus. Angekündigt ist die Umsetzung in einem eigenen Gesetz außerhalb des (geplanten) **Gebäudeenergiegesetz** (GEG-E).[217][218] Ohne konkrete Vorrüstungs- und Einbauzahlen bleiben Kalkulationen zu notwendigen Investitionen unsicher. Ebenfalls als Hemmnis kann gelten, dass auf zugangsbeschränkten Parkplätzen die Nutzung der halböffentlichen Ladeinfrastruktur nachts oft nicht möglich ist. Es besteht zudem eine hohe Komplexität des Rechtsrahmens bei einer Vielzahl unterschiedlicher Regelungen. Wie für das Konzept „öffentliche Ladeinfrastruktur“ sind für Ladepunkte, an denen Strom abgerechnet werden soll, die sich noch entwickelnden Rahmenbedingungen der LSV, des Mess- und Eichrechts und des Preisrechts zu beachten. Mit Blick auf flexible Einspeise- und Abrechnungskonzepte sind das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG), die Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) und das Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) zu beachten.

Für Ladeinfrastruktur auf halböffentlichem Grund gelten die bereits zur öffentlichen LIS gemachten Hinweise: So sollte eine **Intensivierung des Ausbaus** von AC-Ladeinfrastruktur auf privatem Grund angestrebt werden, insbesondere an Wohn- und Arbeitsorten mit längeren Standzeiten der E-Kfz sowie eine Intensivierung des Ausbaus von DC-Ladeinfrastruktur auf privatem Grund mit „Tankstellenfunktion“, insbesondere an Orten mit kurzer Verweildauer (zum Beispiel Einkaufen, Freizeitgestaltung).

Zudem ist die Schaffung von **Rechtsgrundlagen und wirksamen Regelungen** notwendig, mit denen über die Ladezeit hinausgehende Anschlusszeiten reduziert werden (zum Beispiel die Erhebung einer „Infrastruktur-Nutzungsgebühr“ sowie die Schaffung technischen Standards für die Entriegelung von Ladekabeln durch Ordnungskräfte), diese sollten zum Beispiel in der Ladesäulenverordnung umgesetzt werden. Zudem sollten die Ladesäulenverordnung durch **Festlegung von Basis-Authentifizierungstechniken** im Sinn einer kundenorientierten und integrierten einheitlichen Benutzeroberfläche weiterentwickelt werden, die eine Integration in

[215] Handelsverband Deutschland, 2019.
[216] Richtlinie (EU) 2018/844 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz.
[217] Gebäudeenergiegesetz - Entwurf (GEG-E), Stand 01. November 2018.
[218] Deutscher Bundestag, 2019b.

die Authentifizierungstechniken des ÖPNV ermöglicht. Dabei kann auf im ÖPNV republikweit eingeführte technische Standards (zum Beispiel die VDV-Kernapplikation) aufgebaut werden. Bei der **Beschilderung von Ladestellplätzen** sollte zur Erleichterung der Parkraumüberwachung zur „Negativbeschilderung“ mit absolutem Halteverbot (Zeichen 283) zurückgekehrt werden.

Zur besseren Nutzung vorhandener LIS im halböffentlichen Raum sollten **Konzepte zur nächtlichen Nutzung** halböffentlicher Stellplätze mit Ladeinfrastruktur gefördert werden. Zusätzlich sollte der rechtliche Rahmen für **netz- und systemdienliches Laden** unter Berücksichtigung der Kundenbedürfnisse geschaffen werden.

### 4.2.3 Konzept: Private Ladeinfrastruktur

LIS im privaten Raum („private Ladeinfrastruktur“) umfasst die Wallbox der Haus- oder Wohnungseigentümerin in der angrenzenden Garage ebenso wie nur für Mieter zugängliche Lademöglichkeiten auf dem Parkplatz einer Großwohnsiedlung. Auch von Unternehmen gewerblich angemietete und nur für Mitarbeiter bzw. ausdrücklich befugte Personen zugängliche Stellplätze mit LIS, überirdisch oder in Tiefgaragen, gehören dazu. Obgleich seit 2014 keine neueren Erhebungen vorliegen, wird bis heute von einem Anteil von 85 Prozent privater Ladevorgänge an den Ladevorgängen in Deutschland insgesamt ausgegangen.[219] Privater Ladeinfrastruktur wird das Potenzial zugesprochen, Investitionsdruck für öffentliche LIS abzufedern.[220] Unter den Stichworten Charge@Home (Laden zu Hause) beziehungsweise Charge@Work[221] (Laden beim Arbeitgeber) wird eine weitere Unterteilung privater Ladeinfrastrukturkonzepte vorgenommen.

Auch bei privater LIS müssen Themen wie beispielsweise Netzanschluss, Betrieb mit erneuerbaren Energien, kompatible Steckersysteme mitbedacht werden. Genehmigungsverfahren bei der Straßenverkehrsbehörde und dem Straßenbaulastträger (i.d.R. Tiefbauamt) fallen im Bereich außerhalb des öffentlichen Straßenlands dagegen weg. Gegebenenfalls zu beachten sind Landesdenkmalschutzgesetze, die Landesbauordnung (insb. Verunstaltungsverbote) sowie privatrechtliche Verkehrssicherungspflichten. Die Integration von Ladeinfrastruktur in kommunale Stellplatzsatzungen ist bisher noch nicht verbreitet, könnte sich aber im Zusammenhang mit der oben beschriebenen Umsetzung der EPBD[222] ergeben (vgl. Konzept Ladeinfrastruktur im halb öffentlichen Raum).

Deutlich stärker stehen spezifische Fragen des Miet- und Wohnungseigentumsrechts, des Baurechts sowie der Vertragsbedingungen für Stromkunden im Vordergrund. Besonders für den Bereich „Laden beim Arbeitgeber“ sind darüber hinaus steuerrechtliche Privilegien für den Bezug von Ladestrom durch Arbeitgeber relevant.

[219] Nationale Plattform Elektromobilität, 2014, S. 22.; Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2019c., ergibt jedoch privates Laden als bevorzugte Lademöglichkeit (64,7 Prozent; n = 1.200).
[220] Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, 2019a, S. 5.
[221] Ebd. S. 6.
[222] Die Aufnahme ins GEG ist derzeit offenbar nicht mehr geplant, stattdessen könnte es ein eigenständiges Umsetzungsgesetz geben, vgl. Deutscher Bundestag, 2019b, S. 6.

Im bereits hochverdichteten urbanen Raum ist private Ladeinfrastruktur vorrangig im Neubau mit angebundenen Mieter- oder Wohnungseigentümer-Tiefgaragen relevant. In Quartiersgaragen [223] trifft das Konzept zu, wenn der Zugang zu LIS tatsächlich auf einen bestimmten Kreis von Bewohnern begrenzt ist.

**Relevante Akteure**

Privatpersonen, Mieter und Wohnungseigentümer Akteure der Wohnungs(bau)wirtschaft, Wohnungsbaugesellschaften, Gebäudemanagement, Architekten, Elektroinstallateure, Verteilnetzbetreiber, Flottenbetreiber.

**Praxisbeispiel**
**Novelle Landesbauordnung Baden-Württemberg**

Der Ministerrat hat am 21.05.2019 die Einbringung eines Gesetzentwurfs zur Änderung der Landesbauordnung in den Landtag beschlossen, inkl. Aufnahme einer Ermächtigungsgrundlage für untergesetzliche Regelungen zur Förderung der Elektromobilität. Das ist ein wichtiger Schritt in Richtung nachhaltiger Mobilität, da es in der Landesbauordnung bisher keine Vorgaben mit Bezug zur Elektromobilität gab.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Haupthemmnis sind die seit 2016 ausstehende Umsetzung der Rechtsänderungen im BGB-Mietrecht und Wohnungseigentumsgesetz (WEG)[224], wodurch die Rechtsunsicherheit für Vermieter, Mieter, Wohnungseigentümer bzw. Eigentümergemeinschaften und Wohnungsbaugesellschaften weiter fortbesteht. Um diese Unsicherheit zu reduzieren, ist die Umsetzung der bereits erarbeiteten Reformentwürfe im Miet- und Wohnungseigentumsrecht durch den Bundesgesetzgeber sowie die Entwicklung darauf aufbauender abgestimmter Förderprogramme dringend notwendig.

Beim Bau von Stellplätzen im Kontext von Mehrfamilienhäusern entstehen durch den Aufbau von LIS teilweise hohe Zusatzkosten, insbesondere wenn die LIS erst nachträglich in bestehende Garagen bzw. Stellplätze installiert werden soll. Die Wohnungswirtschaft sollte daher beim Neubau insbesondere für Mehrfamilienhäuser in angegliederten Tiefgaragen oder/und oberirdischen Stellplätzen Ladeinfrastruktur mitplanen oder zumindest Leerverrohrung vorsehen.

Zudem besteht bislang keine bundesweite Förderung für die Installation privater Ladeinfrastruktur und es bestehen teilweise auch Unsicherheiten in der Absprache mit den Verteilnetzbetreibern. Hier sollte ein rechtlicher Rahmen für eine netz- und systemdienliche, flexible Nutzung der Ladeinfrastruktur unter Berücksichtigung der Ansprüche und Rechte der Nutzer geschaffen werden. Zudem sollten zur Vermeidung von exklusiven, proprietären technischen Lösungen (beispielsweise spezieller Ladekabel oder spezielle Authentifizierungstechniken) Kooperationen zwischen Herstellern oder einheitliche rechtliche Standards entwickelt werden.

## 4.3 Ansatz: Innovative Konzepte für Waren- und Güterverkehre

Parallel zu den Konzentrationsprozessen in der regionalen und überregionalen Logistik stehen im urbanen Raum dezentrale Verteilkonzepte und Mikrologistikkonzepte in Erprobung. Anlass sind die erheblichen (und durch die Verkehrszunahme weiter steigenden) Anteile der Transportkosten auf der „letzten Meile“.

Durch die Zunahme von e-Commerce im Verbraucherbereich, aber auch durch vergleichbare Entwicklungen im gewerblichen Bereich, werden kurzfristige und zeitgenaue Anlieferungen erforderlich, wodurch die inner-

[223] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin, 2018.
[224] Wohnungseigentumsgesetz (WEG) vom 15.03.1951 (BGBl. III, 403-1), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 5. Dezember 2014 (BGBl. I S. 1962) geändert worden ist.

städtischen Lieferverkehre überdurchschnittlich wachsen. In beiden Segmenten besteht ein relevantes verkehrliches und damit klimaseitiges Optimierungspotenzial. Dieses betrifft einerseits die direkten Effekte, zum Beispiel Emissionen, die durch fahrzeugseitige und organisatorische Optimierungen vermindert werden können. Hinzu kommen andererseits indirekte Effekte, beispielsweise zunehmende Verkehrsbehinderungen durch „in der zweiten Reihe" entladende Lieferfahrzeuge. Diese verstärken die negativen Klima- und Umwelteffekte des übrigen Kfz-Verkehrs Nutzungs- und Sicherheitskonflikte mit anderen Verkehrsteilnehmern können vermehrt und die Attraktivität des ÖPNV durch schlechteren Verkehrsfluss (zum Beispiel Bus steht im Stau, Lieferfahrzeug parkt auf Tram-Schienen) vermindert werden.

Kommunen können bei der Gestaltung urbaner Güterverkehrsflüsse auf die skizzierten Herausforderungen Einfluss nehmen. Im hochverdichteten urbanen Raum („gebaute Stadt") eröffnen zum Beispiel das Städtebaurecht, das Straßen- und Straßenverkehrsrecht und das Immissionsschutzrecht (Luftreinhaltepläne, Lärmstandards) Steuerungsoptionen. Hierzu zählt beispielsweise die Einrichtung von ausgewiesenen Lieferzonen auf öffentlichem Straßenland und Zeitfenstern für die Belieferung.

Im Fall von „Stadterweiterungen" haben die Kommunen größere Spielräume, um über die kommunale Bauleitplanung die Wahl der Logistikstandorte zu steuern und damit auch die Nutzung der unterschiedlichen Verkehrsmittel zu beeinflussen. In Deutschland wenig beachtet sind die verkehrlichen Potenziale von Nachtbelieferungen, insbesondere im großflächigen Einzelhandel in Stadtrandlage. Diese setzen stets lärmseitige Einzelfallprüfungen und die Nutzung von Lkw mit hohen Lärmstandards voraus.[225]

Eine ganzheitliche, Teilräume einer Stadt bzw. einzelne Transportnachfragen adressierende kommunale Strategie zur verkehrlichen Entlastung, Effizienzsteigerung und Ressourcenschonung ist in einigen Städten für den Wirtschaftsverkehr – teils mit aufwendigen Beteiligungsprozessen verbunden – in Diskussion.[226] Das Land Berlin hat im Mobilitätsgesetz als erste Kommune die rechtlichen Grundlagen für die Erstellung eines integrierten Wirtschaftsverkehrskonzepts (§ 18 MobG) verbindlich festgelegt. Es sollen Qualitäts- und Handlungsziele definiert, die Umsetzung und Zielerreichung regelmäßig geprüft und Fortschreibungen vorgenommen werden.

Die Verbesserung bestehender Lieferkonzepte setzt sowohl die weitgehende Beibehaltung bestehender Geschäftsprozesse als auch ordnungsrechtliche Vorgaben voraus. Ferner kann die Verbesserung bestehender Lieferkonzepte durch eine Kooperation zwischen Unternehmen, die im Wettbewerb zueinanderstehen, erzielt werden. Zeitfenster für die Belieferung und emissionsseitige Vorgaben (zum Beispiel anspruchsvolle Lärmstandards für Fahrzeuge, Aufbauten und Ladevorgänge) sind wettbewerbsneutral und können vergleichsweise kurzfristige Entlastungen bewirken. Positive Erfahrungen mit einer derartigen Technikstrategie wurden bereits ab Ende der 1970er-Jahre mit länderseitigen Wintersmog-Verordnungen gesammelt. Das Konzept der „Umweltzonen"-Regelungen baut auf diesen Erfahrungen auf.

Verlagerungskonzepte können monomodale Quelle-Ziel-Verbindungen adressieren (der Transport vom Hersteller zum Kunden mit einem Verkehrsmittel), aber auch monomodale Transporte in intermodale, gebrochene Transportketten überführen. Bei Teilstrecken können energieeffizientere Fahrzeuge oder/und alternative Energieträger und Antriebe zum Einsatz kommen. Im Kontext des urbanen Verkehrs sind die erstgenannten Verlagerungskonzepte selten, der Übergang von monomodalen zu intermodalen dagegen häufiger. Intermodale Transportketten erfordern fast ausnahmslos mindestens drei weitere Bearbeitungsschritte (Entladen, Kommissionieren, Beladen). Die Transportketten sind daher in der Regel mit höheren Kosten verbunden. Kostensenkungspotenziale entstehen, wenn durch die Brechung der Transportkette beispielsweise kostengünstigere, produktivere Zustellungen möglich werden. Dieser Fall kann beispielsweise eintreten, wenn in einem

[225] Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik / Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung , 2017.
[226] Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin, 2016.

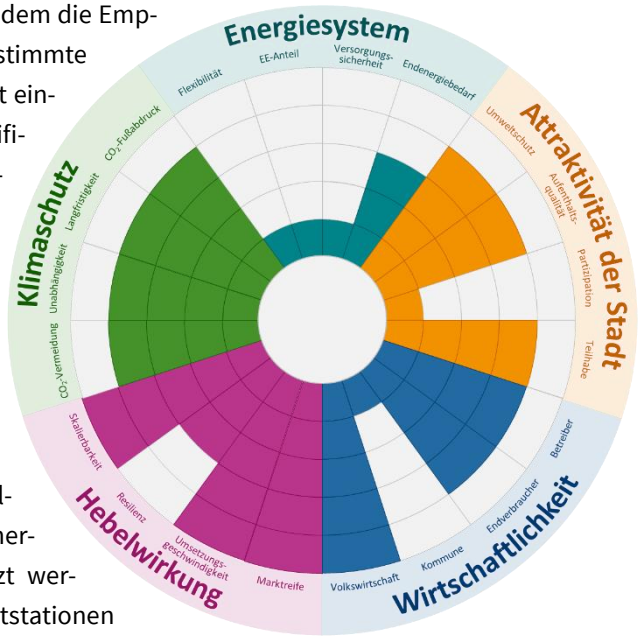
hochverdichteten Innenstadtquartier eine starke räumliche Konzentration von Kurier-, Express- und Paket-(KEP)-Lieferungen auftritt und Zeit- sowie Personalkostenvorteile die Mehrkosten übertreffen.

Wie auch bei den anderen innovativen Konzepten für Waren- und Güterverkehre erfordert auch die Verlagerung die Mitwirkung aller an der Transportkette beteiligten Akteure. Dazu gehören zunächst die Logistik- und KEP-Unternehmen im Straßen- und Schienengüterverkehr, wie auch Logistikunternehmen und Lagerbetreiber. Güterverkehrs- und Güterverteilzentren (GVZ) spielen ebenfalls eine wesentliche Rolle, ferner bedarf es der Mitwirkung von Unternehmen des Groß- und Einzelhandels sowie verarbeitender Unternehmen.

Die Verkehrsverlagerung durch intermodale Transportketten wird durch einen Mangel an dafür notwendiger Infrastruktur erschwert. Folglich sind hierfür teilweise umfangreiche Investitionen in Verkehrs- und Güterumschlagsinfrastrukturen erforderlich. Darüber hinaus verteuert der höhere organisatorische und zeitliche Aufwand gebrochener Lieferketten den Waren- und Gütertransport, sodass mit einer geringeren Betriebswirtschaftlichkeit zu rechnen ist. Eine Unterstützung bei gebrochenen, intermodalen Lieferketten im urbanen Raum durch Förderung von Güterverteil- oder Umschlagszentren auf Flächen der Kommune bzw. hierfür gewidmeten Flächen möglich. Auch Umwidmungen von aufgelassenen Bahnflächen eröffnen derartige Möglichkeiten. Dabei sollen die Potenziale des Schienen- und Binnenschiffsverkehrs berücksichtigt werden.

Für eine weitere Verlagerung der Waren- und Güterverkehre ist auch eine verstärkte landespolitische Förderung des Schienengüterverkehrs zur Verlagerung von der Straße auf die Schiene im regionalen Verkehr notwendig. Hierbei ist beispielsweise die Reaktivierung stillgelegter Werksbahnen und Nebenbahnen zur Nutzung für den lokalen und regionalen Güterverkehr denkbar. Ebenso kann auch die Binnenschifffahrt einen Beitrag zur Verlagerung der Waren- und Güterströme leisten. Eine Stimulierung solcher Verlagerungen könnte durch verkehrliche Auflagen zur Nutzung von Schienen- und Schiffstransporten in Abbruch- und Baugenehmigungen beispielsweise für Bauschutt und Baustoffe erfolgen. Zudem sind flankierende Zufahrtsregelungen für die Belieferung von sensiblen Innenstadtbereichen mit emissionsarmen/-freien Fahrzeugen denkbar. Um die Wettbewerbsfähigkeit des Schienen- und Binnenschiffsverkehrs gegenüber dem Straßentransport zu steigern, bedarf es einer umfassenden Reform des energie- und verkehrsbezogenen Abgabensystems auf Bundesebene. Beispielsweise könnte eine $CO_2$-Abgabe die Verlagerung von Gütertransporten intensivieren.

### 4.3.1 Konzept: Paketstation (öffentlich + privat)




Eine Paketstation ist ein automatisiertes Schließfach, an dem die Empfänger von Paketsendungen meist rund um die Uhr bestimmte Sendungen abholen und Absender ihre Sendungen selbst einliefern können. Zur Öffnung des Schließfachs ist ein Identifizierungsverfahren erforderlich; der Strichcode ist die gebräuchlichste Technik. Vereinzelt wurden bei großen Unternehmen Inhouse-Paketstationen installiert, an denen die Beschäftigten des Unternehmens private Sendungen abholen können.[227] Teilweise nutzen Discounter (zum Beispiel Lebensmitteldiscounter, Drogeriemärkte) Paketstationen, um Online-Bestellungen auszuliefern („Click & Collect"). Durch diese Infrastruktur werden Lieferungen gebündelt und teils mehrfach erfolglose Zustellversuche beim Empfänger vermieden. Da hierbei üblicherweise Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor eingesetzt werden, werden Emissionsminderungspotenziale durch Paketstationen angenommen. Diesen stehen jedoch teils motorisiert erbrachte Abholverkehre zur Paketstation gegenüber. Ein hiermit verbundener Anstieg des Personenverkehrs durch motorisierte Abholverkehre kann noch nicht abschließend beziffert werden, wird für bestimmte Rahmenbedingungen aber für möglich gehalten.[228] Negative Effekte können auch dann entstehen, wenn die Paketsendung vom Kunden innerhalb eines bestimmten, je nach Anbieter unterschiedlichen Zeitraumes nicht abgeholt wird und das Paket wieder zurück an den Absender geschickt wird. Zudem versperren die Sendungen in diesem Zeitraum die Fächer für neue Pakete.[229] Paketshops funktionieren ähnlich wie Paketstationen, unterscheiden sich jedoch aufgrund der Ladenöffnungszeiten und der nicht notwendigen zusätzlichen Flächen (Integration in die Ladenflächen).

**Relevante Akteure**

In Deutschland existieren mehrere Anbieter, die Paketstationen betreiben. Einer der größten Anbieter ist DHL. Das Unternehmen der Deutschen Post Gruppe verfügt bereits über 3.700 sogenannter „Packstationen" mit 370.000 einzelnen Fächern und deutschlandweit zehn Millionen registrierten Kunden.[230] Im Oktober 2019 hat das Unternehmen mitgeteilt, das Packstationsnetzwerk bis 2021 auf 7.000 Stationen auszubauen.[231] Auch bestehende Kooperationen mit Discountern, Supermärkten und Tankstellen sollen ausgeweitet werden.

Ein Mitbewerber ist Amazon mit dem Angebot „Locker", welches über 400 Paketstationen verfügt. Die Sendung ist drei Tage in der Paketstation verfügbar, Amazon hat bereits Partnerschaften mit dm, Aldi Süd, Rewe und Shell geschlossen. Ein weiterer Ausbau des Paketstationsnetzes ist geplant.

Weitere in diesem Bereich tätige Unternehmen sind Hermes, GLS und DPD, die in einem Joint Venture operieren und mit ihrem System „Parcellock" Paketkästen für Privathaushalte anbieten, mit denen Sendungen empfangen und versandt werden können.

[227] Deutsche Post DHL Group, 2019a.
[228] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2018, S. 10.
[229] Vgl. Goebel, 2015.
[230] Vgl. Deutsche Post DHL Group, 2019a.), 10 Millionen registrierte Kunden nutzen die DHL-Packstationen.
[231] Vgl. Deutsche Post DHL Group, 2019b.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Zugangsbeschränkungen zu Paketstationen anderer Anbieter könnten die Interoperabilität beeinträchtigen und verkehrliche sowie umwelt- und klimaseitige Minderungseffekte reduzieren. Zudem bleiben offene Fragen bezüglich der Kostendeckung bzw. Ineffizienz von nicht ausgelasteten oder überbelegten Paketstationen.

Die Information und aktive Ansprache von Eigentümern gewerblich genutzter Liegenschaften ist zeitintensiv und aufwändig, insbesondere wenn diese nicht zu größeren Gruppen oder Filialketten gehören. Um die Potenziale zur Reduzierung von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen zu heben, könnte eine Förderung dieser Anbahnungsaufwände zur Errichtung von Paketstationen erfolgen. Zudem sollten die Betreiber kommunaler Liegenschaften (beispielsweise kommunale Wohnungsunternehmen), welche dem halböffentlichen Raum zuzuordnen sind, zur Errichtung von Paketstationen aufgerufen werden. Zudem könnte die Erteilung von Baugenehmigungen für gewerblich genutzte Grundstücke, die rund um die Uhr öffentlich zugänglich sind, bei vorhandener oder absehbarer Nachfrage mit einer Pflicht zur Errichtung von Paketstationen verknüpft werden. Um zusätzliche Emissionen durch erfolglose Zustellversuche zu verringern, sollte die Errichtung von Paketkästen für private Personen (Mieter) auf Liegenschaften kommunaler Wohnungsunternehmen geprüft werden.

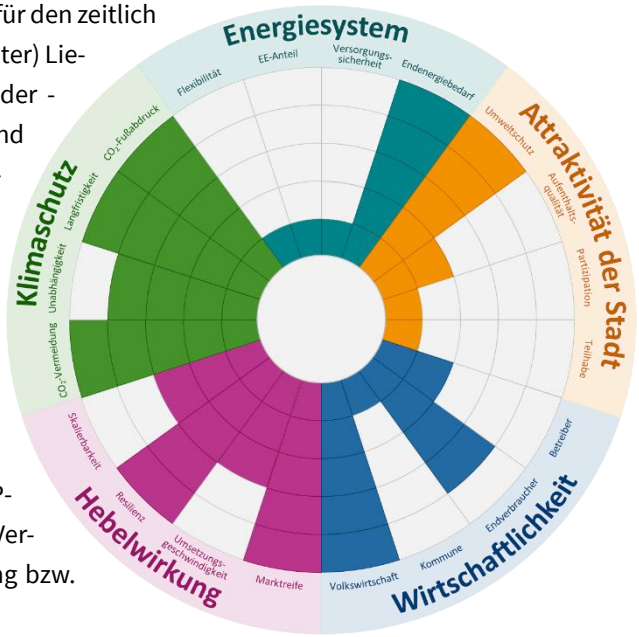
**Praxisbeispiel DHL Packstation**

Seit 2001 bietet DHL sogenannte „Packstationen“ an, an denen die Kunden die Möglichkeit haben, rund um die Uhr Pakete empfangen oder verschicken zu können. Durch deutschlandweit rund 3.700 Automaten mit 370.000 Fächer können etwa 90 Prozent der Bevölkerung eine DHL Packstation innerhalb von 10 Minuten erreichen. Die Anzahl der Packstationen soll eigenen Angaben zu Folge weiter ausgebaut werden. Kooperationen (u.a. mit Lidl) bündeln unterschiedliche Kundentätigkeiten schaffen so einen Komfortgewinn und verringern die Umweltbelastung durch Reduzierung des Paketlieferverkehrs.

Die DHL Packstationen sorgen darüber hinaus für eine Steigerung der Erstzustellungsquote bei gleichzeitiger Minimierung unnötiger Fahrten. Die Emissionen bei Paketzustellung an die Packstation sind nachweislich geringer als die Emissionen bei Haustürzustellung, auch wenn das Kundenverhalten ebenfalls eine entscheidende Rolle bei den Einsparungen spielt.

### 4.3.2 Konzept: Mikro-Depot / City-Hub

Mikro-Depots / City-Hubs dienen meist als Zwischenlager für den zeitlich unabhängigen Umschlag bereits konsolidierter (gebündelter) Lieferungen von größeren auf kleinere, emissionsärmere oder -freie Fahrzeuge. Diese Mikrodepots werden überwiegend auf privatem, aber 24/7 öffentlich und auch mit Kraftfahrzeugen zugänglichem Grund errichtet und von einzelnen Logistikern genutzt. Auf diesen privaten Flächen sind Regelungen, die eine Fehlnutzung der Stellplätze vermeiden, einfacher und wirksamer umsetzbar. Depots, in denen Lagerflächen von mehreren Logistikern flächeneffizient gemeinsam genutzt werden, sind bisher noch nicht realisiert. Bestehende Ansätze sehen an gemeinsam genutzten Standorten getrennte Lagerflächen vor. KEP-Dienstleister müssen sicherstellen, dass es nicht zu einer Vermischung der Sendungen kommt und dass die Zustellung bzw. Abholung getrennt erfolgt.




Dezentrale Logistikkonzepte in Verbindung mit einer Verlagerung der „letzten Meile“ auf emissionsfreie, nichtmotorisierte Verkehrsmittel sind modellhaft erprobt und evaluiert worden. Die Vielfalt nichtmotorisierter bzw.

teilweise elektrisch unterstützter Zustellfahrzeuge ist groß – hierzu zählen beispielsweise Sackkarren, Lastenräder, dreirädrige Bikes und sog. Kick-Trikes. Ihr Einsatz ist von zahlreichen Faktoren, wie Fläche des Zustellgebiets und Sendungsvolumen sowie Zusammensetzung der Sendungen, abhängig.

In diesem Bereich fanden überwiegend „Stand-Alone-Projekte“ statt, sodass eine Übertragbarkeit auf andere urbane Teilräume mit anderen nachfrageseitigen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel in der Lebensmittel- und Baustellenlogistik, nur sehr eingeschränkt möglich ist. Auch hinsichtlich der betriebswirtschaftlichen Effekte sind keine Informationen zugänglich.

In der „gebauten Stadt“ und in der „weitergebauten Stadt“ sind flächenintensive Depots häufig nur als Zwischennutzungen realisierbar, auf öffentlichem Straßenland ist eine Sondernutzungserlaubnis erforderlich und eine straßenverkehrsbehördliche Anordnung der Beschilderung und Markierung. Im Fall von „Stadterweiterungen“ können Kommunen durch planungs- und baurechtliche Auflagen entsprechende Logistik-Flächen auf privatem Grund einschließlich Zugangsregelungen festlegen. Auf öffentlichem Straßenland können Widmungen zugunsten von Lieferverkehren beschränkt oder erweitert werden. Zudem können Auflagen zu Errichtung von „Paketstationen“ u. a. Logistikinfrastrukturen in städtebauliche Verträge aufgenommen werden.

**Praxisbeispiel Stadtlogistik durch KEP-Dienste mit Mikrodepot-Konzept in der Stadt Nürnberg**

Bei dem Pilotprojekt "Nachhaltige Stadtlogistik durch KEP-Dienste mit dem Mikro-Depot-Konzept auf dem Gebiet der Stadt Nürnberg", begonnen in der Nürnberger Innenstadt und in einem Wohngebiet in der Nürnberger Südstadt, wurden die Pakete in sogenannten "Mikro-Depots" (z. B. Anhänger, Container oder leerstehenden Immobilien) zwischengelagert. Von dort holten die Fahrer ihr Transportgut mit den Lastenfahrrädern ab und brachten es bis zur Haustür. In Nürnberg wurden zwei Immobilien als Mikro-Depots angemietet.

Am Test, der zwischen 8. April 2016 und 31. Oktober 2017 stattfand und der von der Technischen Hochschule Nürnberg wissenschaftlich begleitet wurde, beteiligten sich die beiden Paketdienstleister DPD und GLS. Es wurde festgestellt, dass 30 Prozent aller städtischen Paket-Fahrten von Lastenfahrräder übernommen werden können. Dabei ersetzt ein Lastenrad fast einen Transporter. Dies gilt für deutsche Städte ab 50.000 Einwohner. Das Pilotprojekt gewann im Dezember 2018 den Bundeswettbewerb "Nachhaltige Urbane Logistik" und ging in mehrere Nachfolgeprojekte über.

**Relevante Akteure**

Die Akteurslandschaft rund um Mikrodepot-Konzepte ergibt sich derzeit vorrangig aus Teilnehmern an Pilotprojekten. Im Juni 2018 wurde beispielsweise das Pilotprojekt „KoMoDo” (Kooperative Nutzung von Mikro-Depots) gestartet, welches vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit gefördert wird. Getestet wird die kooperative Nutzung einer Logistikfläche mit individuellen Mikro-Depots (Container) sowie die anschließende Auslieferung der Pakete mit unternehmenseigenen Cargobikes (Lastenrädern).[232] Die beteiligten Projektpartner sind die fünf KEP-Dienstleister DHL, DPD, GLS, Hermes und UPS.

Darüber hinaus erproben Paketdienstleister eigene Lösungen zur emissionsarmen Belieferung der „letzten Meile“, beispielsweise DHL Express mit einem City-Hub-Konzept mit Lastenfahrrädern und Containerboxen.[233]

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Fehlende Kooperationen der KEP-Dienstleister untereinander könnte die Ausbreitung des City-Hub-Konzepts verlangsamen. Die Einrichtung von City-Hubs könnte zudem mangels verfügbarer Flächen im hochverdichteten urbanen Raum erschwert werden. Hierfür könnte die Aufnahme von Flächensicherungen für Mikrodepots

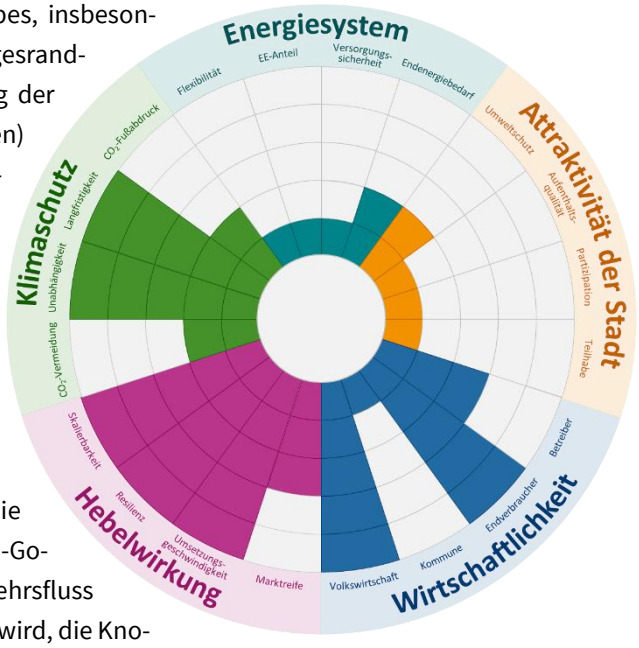
[232] Pressemitteilung der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz vom 13.04.2018.
[233] Vgl. Logistik Heute, 2017.

in die Landesbauordnungen (beispielsweise in einer VwV bzw. AV) einschließlich Anforderungen an die Erreichbarkeit für die Belieferung und Abholung, Sicherstellung einer permanenten Zugänglichkeit erfolgen. Zudem sollte eine Berücksichtigung von Flächen für die Errichtung von Mikrodepots in städtebaulichen Wettbewerben sowie in Baugenehmigungen vorgenommen werden.

Dem Konzept entgegen steht das Risiko einer geringeren Produktivität durch zusätzlichen Umschlag und das gegenüber kleinen Nutzfahrzeugen geringere Transportvolumen der Lastenräder.

Um eine weite Verbreitung des Konzepts unter Einbindung verschiedener Logistik- / KEP-Dienstleister als auch verschiedener Bereitsteller von Aufstellflächen zu ermöglichen, ist zur Sicherstellung der Interoperabilität die Entwicklung und Festlegung von technischen Mindeststandards für Mikrodepots notwendig, beispielsweise für den Zugang (Authentifizierung). Zudem ist eine Weiterentwicklung von technischen Anforderungen und Benutzervorteilen für „besonders saubere und leise“ Lieferfahrzeuge in der StVZO und StVO notwendig, um beispielsweise Nachtbelieferungen von Mikrodepots zu ermöglichen.

### 4.3.3 Konzept: Nachtbelieferung des Einzelhandels




Die Belieferung des urbanen Einzelhandels, des Gewerbes, insbesondere von Dienstleistungsunternehmen während der Tagesrandzeiten und Nachstunden dient der zeitlichen Entzerrung der Verkehrsnachfrage (Neben- und Schwachverkehrszeiten) und eröffnet Potenziale im Umwelt- und Klimaschutz, verbunden mit Kostensenkungspotenzialen bei den Logistikunternehmen.

Die umwelt- und klimaseitigen Potenziale setzen sich aus direkten und indirekten Effekten zusammen. Die erstgenannten kommen durch geringere Stop-and-Go-Anteile (durch hohes Verkehrsaufkommen bedingtes, langsames Fahren mit häufigem Anhalten) bei Belieferungen in den verkehrsärmeren Tagesrandzeiten zustande. Die indirekten Effekte entstehen durch vermiedene Stop-and-Go-Anteile bei den übrigen Verkehrsteilnehmern, da der Verkehrsfluss bei einem geringeren Anteil an Nutzfahrzeugen verstetigt wird, die Knotenpunkte schneller geräumt werden; im Extremfall entfällt ein Teil der Be- und Entladevorgänge „in der zweiten Reihe“ in Zeiten hohen Verkehrsaufkommens. Ein weiterer indirekter Effekt durch eine derartige Entzerrung der Verkehrsnachfrage sind überdies Minderungen der Geräuschemissionen im Vergleich zu Standardlieferungen durch eine geräuscharme Nachtbelieferung.

Die betriebswirtschaftlichen Effizienzgewinne basieren auf einem längeren und ggf. mehrschichtigen Einsatz der Fahrzeuge, verkürzten Tourenzeiten und einer dadurch ggf. kleineren Fahrzeugflotte.

**Relevante Akteure**

Das Konzept der Nachtbelieferung befindet sich in der Testphase über verschiedene Projekte.[234] Erste Ergebnisse des Projekts „GeNaLoG” deuten darauf hin, dass eine Vielzahl von Akteuren mit unterschiedlichen Inte-

[234] Zum Beispiel: GeNaLog („Geräuscharme Nachtlogistik“): Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik / Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung , 2017.

ressen, die von den direkten und indirekten umwelt- sowie klimaseitigen Effekten betroffen sind, zu berücksichtigen ist. Hierbei stehen sich Anwohner und Empfänger unmittelbar gegenüber. Anwohner nehmen keine Wohlfahrtsverluste durch nächtliche, zusätzliche Lärmemissionen hin; Empfänger wollen ihren Kunden einen komfortablen und bequemen Zugang zum Warenkorb bieten, weshalb eine Anlieferung in den Filialen erwünscht ist. Zudem sind die Städte und Kommunen zu berücksichtigen, die allgemein für die Einhaltung von gesetzlichen Anforderungen und Vorschriften sowie Auflagen zuständig sind.[235]

Die Transportunternehmen wollen eine effiziente und nachhaltige Warenversorgung der Empfänger erzielen, wobei Empfänger und deren Kunden steigende Anforderungen haben. Gleichzeitig obliegt dem Transportunternehmen neben der Eigenwirtschaftlichkeit vor allem die Sicherstellung der Mitarbeiterzufriedenheit. [236]

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Den betriebswirtschaftlichen Effizienzgewinnen (Kostensenkungspotenzialen) stehen durch Nachtzuschläge erhöhte Personalkosten der Transportunternehmen und beim Empfänger gegenüber. Zudem bestehen ggf. höhere infrastrukturelle Aufwendungen für das Transportunternehmen infolge einer Umrüstung auf eine lärmarme Fahrzeugflotte. Ebenso können infrastrukturelle Aufwendungen beim Empfänger für lärmmindernde bauliche Einrichtungen anfallen.

Für die Anwendung des Konzepts in urbanen Räumen sind teilweise Sondergenehmigungen für geräuscharme Lkw (E-Antrieb, geräuscharmer Fahrzeugaufbau) zur Innenstadtbelieferung in Tagesrandzeiten bzw. Ausnahmen von zeitbasierten Zufahrtsbeschränkungen notwendig – hierfür muss eine genaue Prüfung der Geräusche in Wohn- und Mischgebieten erfolgen. Zudem muss eine Entwicklung passgenauer kommunaler Konzepte zur Nachtbelieferung des Einzelhandels erfolgen, die Lkws, Flurfördergeräte, Personal sowie die Wege vom und zum Lkw am Entladungsort berücksichtig. Auch ist gegebenenfalls. die Bildung von Logistikkooperationen zur Belieferung mehrerer Einzelhändler vorteilhaft.

Die bestehenden umweltseitigen Risiken, u.a. Lärmemissionen, die durch die technischen Anforderungen an Fahrzeuge und Infrastruktur durch Auflagen in den Betriebsgenehmigungen vermieden werden können, bedürfen einer regelmäßigen Kontrolle, um die Erfüllung dieser Anforderungen und Auflagen sicherzustellen.

**Praxisbeispiel GeNaLog**

Das Forschungsprojekt „GeNaLog“ (Geräuscharme Nachtlogistik) wurde als eines der Gewinnerprojekte des Wettbewerbs „Nachhaltige Urbane Logistik“ ausgezeichnet. Die Grundidee von „GeNaLog“ ist es, einen Teil des Lieferverkehrs in die Nacht und Tagesrandzeiten zu verlagern. Zu diesem Zweck haben die Projektpartner ein dienstleistungsbasiertes Logistikkonzept zur Belieferung von Einzelhandelsfilialen für Elektro-Lkw erforscht und unter Realbedingungen getestet. Als Unternehmen beteiligten sich die REWE Group aus Köln, die DOEGO Fruchthandel und Import eG und die DLG Dortmunder Logistik Gesellschaft mbH (ehemals: TEDi Logistik GmbH). Die Fraunhofer-Institute für Materialfluss und Logistik IML und für System- und Innovationsforschung ISI haben das Projekt wissenschaftlich begleitet. Als Umsetzungspartner engagierten sich die Städte Dortmund, Karlsruhe und Köln.

In der fünfwöchigen Testphase in Köln hat die REWE Group ausgewählte Filialen nach 22 Uhr mit einem Elektro-Lkw beliefert, der mit geräuscharmem Umschlagequipment speziell für die „leise Logistik“ ausgestattet war. Die strikten Lärmgrenzwerte wurden in den Tests eingehalten.

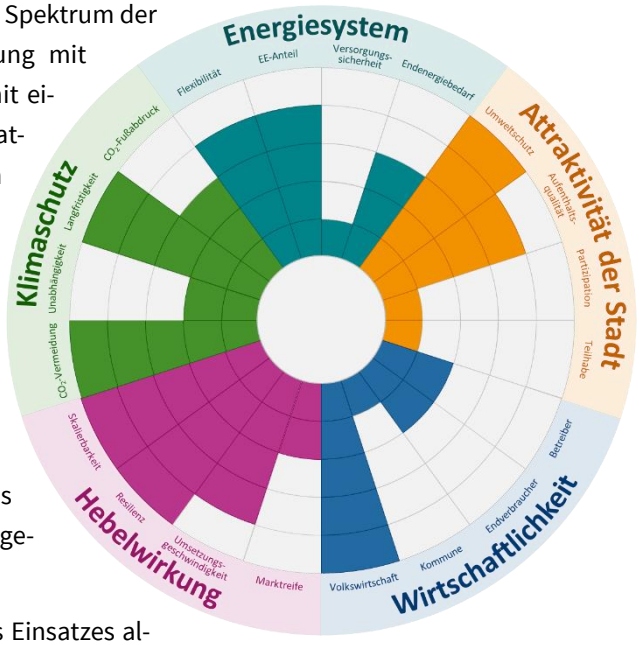
Die Transportkosten je Transporteinheit sind in der Nachtlogistik aktuell höher als in der Taglogistik. Dies wird sich nach Einschätzung der Experten jedoch möglicherweise schon in wenigen Jahren ändern – wenn Elektro-Lkw preiswerter werden, der Dieselpreis steigt und die Technologie insgesamt weiter ausgereift ist (also die Reichweite der Elektro-LKW größer wird). Unzweifelhaft sind die ökologischen Vorteile einer Belieferung in den Nachtstunden, da dafür ausschließlich E-Lkw zum Einsatz kommen.

[235] Ebd.
[236] Ebd.

Dies beinhaltet die bauliche Berücksichtigung des Lärmschutzes in den Ladebereichen von Einzelhandelsgeschäften bei Neubau oder Modernisierung ebenso wie die Durchführung regelmäßiger Kontrollen der Kommunen zur Einhaltung der Anforderungen und Auflagen an den Lärmschutz.

Zur Erhöhung der Investitions- und Planungssicherheit für Technikentwickler und -anwender ebenso wie für die Anwohner ist eine Definition deutschlandweit einheitlicher Standards für Lärmgrenzwerte bei der Nachtbelieferung (Schallquellen am Lieferort) notwendig.

### 4.3.4 Konzept: Liefer-Lkw (Elektro, $H_2$, LNG)




Im urbanen Waren- und Gütertransport wird das gesamte Spektrum der Fahrzeugklasse „N“ (Kraftfahrzeuge für Güterbeförderung mit mindestens vier Rädern) von leichten Nutzfahrzeugen mit einem zulässigen Gesamtgewicht bis zu 3,5 t (N1) bis zu Sattelaufliegern mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 40 t als „Liefer-Lkw“ eingesetzt. Die Gruppe der leichten Nutzfahrzeuge dominiert mit einem Anteil von rund 83 Prozent den Bestand der Nutzfahrzeuge. In allen Fahrzeugklassen werden nahezu ausschließlich Dieselantriebe eingesetzt. Nur in kleinen Teilsegmenten und einzelnen Flottenbetreibern werden Fahrzeuge mit Erdgasantrieb genutzt, u. a. im KEP-Bereich und bei Abfallsammelfahrzeugen. Letztere nutzen teilweise auch Biogas aus organischen Abfällen, dessen Einsatz steuerliche Vorteile genießt.

Für den Einsatz als Liefer-Lkw sind die Auswirkungen des Einsatzes alternativer Energieträger und Antriebe auf die Kriterien Zuladung, Transportvolumen, Reichweite und Betriebskosten in vielen Fällen entscheidender als investitionsseitige Mehrkosten. Alternative Antriebe sollen möglichst keine oder allenfalls geringe Veränderungen bei den etablierten, kostenoptimierten Betriebsabläufen erfordern. Diese Voraussetzung ermöglicht den parallelen Einsatz von konventionellen, mineralölbetriebenen Fahrzeugen und von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben.

Alle alternativen Antriebe mit umwelt- und klimaseitigen Vorteilen setzen zudem eine in der Regel aufzubauende Betankungs- oder Ladeinfrastruktur voraus. Bei lokalen Einsatzprofilen und geringen, mit einer Tank- bzw. Batterieladung leistbaren Tagesfahrstecke sowie einer für den Betankungs- bzw. Ladevorgang ausreichenden Standzeit auf dem Unternehmensgelände können diese Infrastrukturen ggf. auf dem jeweiligen Unternehmensgelände installiert werden. So kann die Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in vielen Fällen mit begrenztem Aufwand installiert werden. Die Errichtung einer **Wasserstoff-, CNG- oder LNG-Tankstelle** setzt dagegen die Verfügbarkeit entsprechender Flächen, eine für den wirtschaftlichen Betrieb ausreichende Nachfrage sowie spezielle, bei Logistikunternehmen zumeist nicht verfügbare Kompetenzen für die Planung, Genehmigung, den Betrieb und die Versorgung dieser Tankstellen voraus.

Die unternehmerische Entscheidung über den Einsatz bestimmter Energieträger bzw. Antriebstechniken ist jedoch nicht allein von rationalen bzw. betriebswirtschaftlichen Argumenten abhängig. Eine DLR-Studie zeigt,

dass auch im Unternehmenskontext das Interesse an innovativer Technologie und das Anliegen des Umweltschutzes wichtige Motive für die Anschaffung von Elektrofahrzeugen waren. Daneben spielt für gewerbliche Nutzer auch der Imagegewinn durch den Einsatz von E-Fahrzeugen eine entscheidende Rolle.[237]

**Relevante Akteure**

Die möglichst weite Verbreitung von alternativen Antrieben bei Liefer-Lkws erfordert einerseits die Mitwirkung des Gesetzgebers, um emissionsseitige Wirkvorschriften (StVZO) sowie steuerliche und straßenverkehrsrechtliche Regelungen (StVO: Fahrzeugkennzeichnung, Beschilderung) anzupassen. Gleichermaßen sind Nutzfahrzeughersteller und -handel mit der Entwicklung, Fertigung und dem Vertrieb von Serienfahrzeugen relevant. Nicht zuletzt sind die Betreiber von Ladeinfrastruktur und Tankstellen sowie die Verlader und Empfänger hervorzuheben, um einen flächenhaften und zuverlässigen Betrieb der Lkw sicherzustellen.

**Praxisbeispiel iHub**

iHub soll zeigen, wie Lkw-Flotten aus dieselbetriebenen und elektrischen Fahrzeugen effizient gesteuert werden können. Elektrisch angetriebene Lastkraftwagen weisen im Vergleich zu dieselbetriebenen Lkw typischer Weise eine geringere Reichweite auf. Für ein Logistikunternehmen lohnt sich ihr Einsatz dann, wenn ein zentrales Flottenmanagement situationsbezogen entscheidet, ob ein Diesel- oder ein Elektro-Lkw für die jeweilige Tour besser geeignet ist. Batteriezustand, Ladeplanung und die Länge der Verteilrouten stellen dabei die wichtigsten Parameter dar.

Die prototypische IT-Plattform und wird in einer gemischten Flotte drei Elektro-Lkw von mindestens 12 Tonnen erprobt, die palettierte Frachten als Stückgut transportieren. Die Ergebnisse sollen anschließend auf größere Flotten übertragen werden.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Derzeit erfahren Käufer bzw. Nutzer von Fahrzeugen mit besonders umwelt- und klimaschonenden Antriebstechniken keine betriebswirtschaftlichen Vorteile (beispielsweise Sondergenehmigungen zur Einfahrt in besonders sensible Innenstadtbereiche oder innerstädtische Straßenabschnitte), da die rechtlichen Grundlagen für entsprechende Nutzervorteile ebenso fehlen, wie die für die Umsetzung erforderlichen zulassungsrechtlichen Regelungen. Hierfür müssten entsprechende Fahrzeugkennzeichnungen (Plaketten oder digital lesbare Kennzeichen) sowie Verkehrszeichen zur Beschilderung des Straßenabschnitts oder der Zone, in denen die einfahrenden Fahrzeuge erhöhte emissionsseitige Anforderungen erfüllen müssen, entwickelt werden.

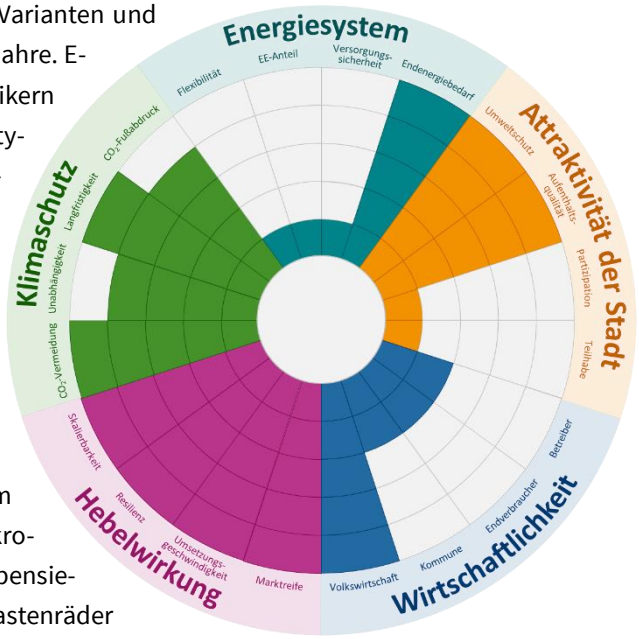
Vorlage hierfür könnte die Einführung großflächiger und langfristig angelegter Regelungen wie Ende der 1970er-Jahre in den Wintersmog-Verordnungen der alten Bundesländer oder die in den 1990er-Jahren auf der Grundlage des Bundesimmissionsschutzgesetzes eingeführten Umweltzonen sein. Die hiermit geschaffenen flächigen und stufenweise weiterentwickelten sog. „Benutzervorteilsregelungen“ für Fahrzeugnutzer, die in emissionsarme Technik investieren, sind mit geringem Aufwand an öffentlichen Mitteln kurzfristig umsetzbar, ihre Wirkungen sind überdurchschnittlich und gut belegt. [238] Voraussetzung sind entsprechende Fahrzeugkennzeichnungen (Plaketten, gegebenenfalls elektronisch lesbar) und Verkehrszeichen für besonders emissionsarme und emissionsfreie Fahrzeuge in der StVO.

Derzeit ist das Angebot an Fahrzeugmodellen für alternative Kraftstoffe jedoch noch sehr gering. Einzelne Hersteller bieten beispielsweise Lkws mit LNG-Antrieb an, jedoch sind große Nutzfahrzeuge mit batterieelektrischem oder Brennstoffzellenantrieb bisher kaum oder gar nicht verfügbar. Eine koordinierte Beschaffung von Fahrzeugen durch Flottenbetreiber kann eine für den Hersteller relevante Nachfrage erzeugen, die zu einem entsprechenden Marktangebot an besonders emissionsarmen bzw. emissionsfreien Fahrzeugmodellen führt.

[237] Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum, 2015, S. 32.
[238] Deutsches Institut für Urbanistik, 2014, S. 12-14.

Wirtschaftliche Anreize zur Nutzung erneuerbarer Energieträger oder alternativer Antriebe könnten gesetzt werden durch Korrekturen im verkehrs- und energieseitigen Abgabensystem (z.B. schrittweises Auslaufen des steuerlichen Dieselprivilegs) und die Nutzung der Steuermehreinnahmen zur Abgabensenkung bei alternativen Energieträgern (Steuerspreizung analog der Einführung von unverbleitem Benzin ab 1984), eine in Stufen steigende emissionsabhängige Spreizung der Kfz-Steuer (analog der Einführung der „Katalysatortechnik“ bei Pkw ab 1984) oder eine langfristig in Stufen steigende Spreizung der streckenbezogenen und emissionsabhängigen Autobahnbenutzungsgebühr für hochemittierende Fahrzeuge (Fortschreibung des Bundesfernstraßenmautgesetzes). Auch die Einbindung der Kraftstoffversorgung gewerblich genutzter Flotten in dezentrale Energiekonzepte mit Strom-/Wasserstofferzeugung durch Abgabenvermeidung erlaubt Kostensenkungen.

### 4.3.5 Konzept: Elektro-Lastenrad




Das Angebot an Elektro-Lastenrädern, ihre technischen Varianten und ihre Einsatzzwecke vervielfachte sich innerhalb weniger Jahre. E-Lastenräder werden von privaten Haushalten, von Logistikern und KEP-Diensten in Verbindung mit Mikro-Depots / City-Hubs sowie von Handwerksbetrieben mit eng umgrenztem Einsatzgebiet genutzt. Bei KEP-Diensten wird deren Einsatz durch den Zeit- und damit Personalkostenvorteil entschieden, der sich aus direkterer Anfahrt des Lieferorts ergeben kann. In der Praxis kann in erster Näherung ein Sendungsvolumen von mindestens zwölf Lieferungen pro Stunde als Untergrenze angenommen werden, um u.a. die zusätzlichen Investitionskosten in ein Lastenrad sowie den zusätzlichen Umschlag der Sendungen vom verbrennungsmotorbetriebenen Lieferfahrzeug in ein Mikro-Depot und von diesem in ein Elektro-Lastenrad zu kompensieren. Auch bei den Handwerksunternehmen, die Elektro-Lastenräder bisher einsetzen (zum Beispiel Schornsteinfeger, die ihre Dienstleistung „von Tür-zu-Tür“ erbringen), sind die zeitlichen Vorteile der entscheidende Grund für deren Einsatz.

**Relevante Akteure**

Lastenradhersteller und -handel, KEP-Unternehmen, Betreiber von Mikro-Depots / City-Hubs sowie Verlader und Empfänger.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Die kommunalen Handlungsmöglichkeiten zur Unterstützung eines verstärkten Einsatzes von Elektro-Lastenrädern sind gering. Lediglich in Ausschreibungsverfahren von Dienstleistungsaufträgen kann der Einsatz von Elektrolastenrädern gefordert werden, zum Beispiel bei der Pflege von Grünflächen und Friedhöfen.

Verkehrsbeschränkungen für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor allein zur Förderung des Einsatzes von Elektro-Lastenrädern sind nicht zulässig.

**Praxisbeispiel „Ich ersetze ein Auto“**

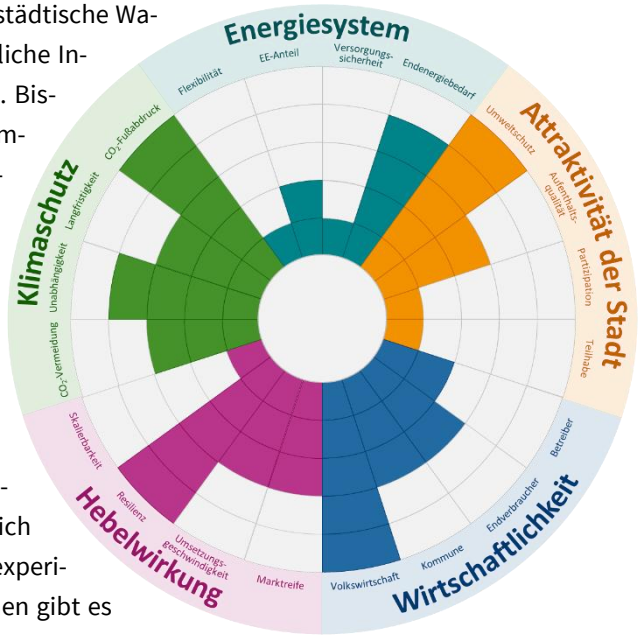
Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. setzte im Projekt „Ich ersetze ein Auto“ das Ziel, KEP-Unternehmen zum Umstieg auf Elektro-Lastenräder zu motivieren und dadurch den Einsatz von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor zu verringern. Kurierunternehmen in acht Ballungsräumen erprobten in einem Zeitraum von zwei Jahren insgesamt 41 Elektro-Lastenräder im täglichen Gebrauch. Auf dieser Basis wurden das Potenzial der Lastenräder zur Verringerung der CO2-Emissionen im Stadtverkehr abgeschätzt und die Einsatzmöglichkeiten im Kurierbereich ausgelotet.

Bereits während der Projektlaufzeit wurde mit der Aufnahme der Elektro-Lastenräder in die Kurierdienstflotten eine Verbesserung des umweltfreundlichen Anteils am Modal-Split (der Verteilung des Transportaufkommens auf die verschiedenen Verkehrsmittel) erreicht. Die direkte Einsparung lag bei circa 53 bis 56 Tonnen CO2-Emissionen. Generell könnten rund 42 Prozent der von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren durchgeführten Aufträge und 19 Prozent der daraus resultierenden Fahrleistung im städtischen Kuriermarkt durch Elektro-Lastenräder wie dem iBullitt ersetzt werden.

Dagegen könnten differenzierte Zeitfenster-Regelungen für die Anlieferung in Fußgängerzonen mit Vorteilen für Elektro-Lastenräder deren Einsatz unterstützen. Auch die Ausweisung spezieller Stellplätze und Lieferzonen für Lastenfahrräder im öffentlichen Straßenraum wäre möglich. Diese könnte beispielsweise in Verbindung mit der kommunalen Förderung von Mikro-Depots erfolgen.

### 4.3.6 Konzept: Einbeziehung ÖPNV (Cargo-Tram)

Im Rahmen der projektinternen Diskussionen über innerstädtische Waren- und Güterverkehre wurden immer wieder eine mögliche Integration in den öffentlichen Schienenverkehr adressiert. Bislang wurde dieses Konzept in Deutschland erst einmal umgesetzt, weshalb hier das Praxisprojekt als Konzeptbeschreibung dient.




Weitere Projekte, bei denen die Schieneninfrastruktur des Straßenbahnnetzes für Logistikzwecke genutzt wird, sind nicht bekannt.

Allerdings wird das Konzept derzeit wieder in mehreren Städten diskutiert bzw. getestet: Berlin prüfte das Konzept zum Transport von Paketen durch Trams und U-Bahnen in Verbindung mit einem City Hub-Konzept, in Zürich wird Sperrmüll auf Schienen transportiert, Frankfurt experimentiert mit der Postbeförderung auf Bahnen, in München gibt es Initiativen zu einer "Packerl-Tram".

Seit 2001 wurden in Dresden zwei fünfteilige Güterstraßenbahnen für eine 5,5 km lange Strecke zwischen der Friedrichstadt und dem Straßburger Platz für Pendelfahrten zur Belieferung eines Pkw-Montagewerks eingesetzt. Seit 2003 sank das Aufkommen auf wenige Fahrten pro Tag, weshalb diese 2016 eingestellt wurden. Seit März 2017 ist die CarGo-Tram reaktiviert.

Ein kompletter Zug mit einem Leergewicht von 90 Tonnen kann bis zu 60 Tonnen Zuladung mit einem Ladevolumen von 214 Kubikmetern transportieren; dies entspricht etwa drei Lkw-Ladungen. Ein teilweise auf aufgearbeiteten Bauteilen basierender Straßenbahnzug kostete rund 3,2 Mio. Euro. An der Endhaltestelle Friedrichstadt wurde ein Logistikzentrum erforderlich, in dem die von Lkw angelieferten Bauteile zwischengelagert und für die Produktion am innerstädtischen Standort kommissioniert wurden. Kostenvergleiche des Konzepts Cargo-Tram mit einer Direktbelieferung des Montagewerks sind nicht bekannt, es kann jedoch von beträchtlichen Mehrkosten ausgegangen werden. Anlass für die Nutzung der ÖPNV-Infrastruktur zur Belieferung eines Pkw-Montagewerks war eine Auflage der Kommune für den Anlagenbetreiber, nachdem Anwohner Kritik an der vorgesehenen Lkw-Direktbelieferung formuliert hatten.

**Relevante Akteure**

Der Kreis relevanter Akteure für eine Integration des ÖPNV in den urbanen Waren- und Güterverkehr umfasst Nahverkehrsunternehmen mit schienengebundenen Verkehrsangebot sowie Schienenfahrzeughersteller. Daneben sind Versender und Empfänger sowie Betreiber von Umschlagterminals oder Logistikzentren zur Kommissionierung und Verladung der Güter hervorzuheben.

**Spezifische Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten**

Wesentliches Hemmnis der Einbeziehung des ÖPNV in Gütertransporte ist die im Vergleich zum straßengebundenen Güterverkehr geringere Netzbildungsfähigkeit und geringere Flexibilität hinsichtlich der zeitlichen Durchführung von Fahrten (Güterzüge ordnen sich Personenzügen unter und müssen in den ÖPNV-Takt eingegliedert werden) sowie der Streckenwahl. Darüber hinaus sind beispielsweise Güterstraßenbahnen in der Beschaffung deutlich kostenintensiver als konventionelle Lkw und benötigen spezielle Abstelldepots. Erfolgt keine Punkt-zu-Punkt-Belieferung innerhalb der Stadt ist mindestens ein weiterer Güterumschlag erforderlich, welcher Umschlagterminals notwendig macht und mit entsprechendem Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist. Auch fehlende Kapazitäten auf bestehenden Straßenbahnstrecken können dieses Konzept be- oder verhindern, wenn Taktverdichtungen zur Bewältigung des ÖPNVs notwendig sind.

Zur weiteren Prüfung der Einsatzmöglichkeiten der Infrastrukturen des ÖPNV für Waren- und Gütertransporte sind die Durchführung einer Nutzen-/Kosten-Analyse mit Analyse der umwelt- und klimaseitigen Wirkungen sowie vergleichende Szenariobetrachtungen zu empfehlen.

**Forschungsprojekt LastMileTram**

Das Projekt „LastMileTram“ läuft seit dem 01.10.2018 und befasst sich mit der Belieferung der Frankfurter Innenstadt via Schienennetz der U- und Straßenbahn. Der Fokus liegt hierbei auf der Paketzustellung. In dem Projekt sind die Verkehrsgesellschaft Frankfurt, Hermes und die HOLM GmbH involviert. LastMileTram wird vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung gefördert.

Die erste Logistiktram wurde bereits in einem Pilotversuch auf die Schiene gebracht. In der Pilotphase werden die Bahnen in verkehrsarmen Zeiten die angelieferten Pakete als Sonderfahrten (ohne Fahrgäste) befördert. Mit der Kombination aus Gütertram zur Bündelung und E-Fahrrädern für die Feinverteilung der Waren (mittels Mikrodepots und Logistikboxen-Trailer) lässt sich eine nahezu emissionsfreie Citylogistik realisieren. Durch die Aufteilung der Transportstrecken in kurze Abschnitte, die mit den Fahrrädern zurückgelegt werden und lange Abschnitte auf denen die Logistiktram genutzt wird, ergibt sich auch ein erheblicher Zeitgewinn und eine höhere Arbeitsproduktivität.

Die Erkenntnisse aus diesen Versuchen werden wichtige Bausteine für die Umsetzung des Gesamtprojektes klimafreundliche Innenstadtlogistik sein.

# C

# 170-227

# Teil C – Gutachterliche Ausarbeitung zu regulatorischen Herausforderungen

**C1 Energiesystem und Strom ..... 5**

1.1 Thema: Erhöhung der Stromerzeugung aus EE ..... 5
1.1.1 Sinkende Akzeptanz in der Bevölkerung für den Zubau von EE-Anlagen ..... 6
1.1.2 Planungsinstrumente ..... 8
1.1.3 Gesamtdeckel des förderfähigen Zubaus von Solaranlagen ..... 9

1.2 Thema: „Grüne“ Eigenschaft der Strommenge ..... 10

1.3 Thema: Stromnebenkosten für Letztverbraucher (Speicher und Umwandlungstechnologien) ..... 12

1.4 Thema: Anreize für Flexibilitäten ..... 15
1.4.1 Demand-Side-Management ..... 15
1.4.2 „Nutzen statt Abregeln“ ..... 17
1.4.3 Bereitstellen von Flexibilitäten durch Speicher ..... 17

1.5 Thema: Eigenversorgung und Micro-Grids (Quartier) ..... 19
1.5.1 Prosumer und Eigenversorgung ..... 19
1.5.2 Micro Grids/Quartierskonzepte ..... 21
1.5.3 Exkurs: Energiegenossenschaften ..... 22

1.6 Thema: Digitalisierung ..... 23
1.6.1 Beschränkungen im Bereich Datenverfügbarkeit ..... 24
1.6.2 Unzureichende Nutzung vorhandener Daten ..... 26
1.6.3 Zugang zu und Verwendung von Daten ..... 27
1.6.4 IT-Sicherheit ..... 28
1.6.5 Administrativ-technische Hindernisse bei der Umsetzung des GDEW ..... 29

**C2 Wärmeversorgung im urbanen Raum ..... 31**

2.1 Thema: Nutzung erneuerbarer Wärme ..... 31
2.1.1 Verpflichtung zum Einsatz erneuerbarer Energien in Neubauten ..... 31
2.1.2 Primärenergiefaktoren für Strom perspektivisch weiter anpassen ..... 32
2.1.3 Nutzung erneuerbarer Energien bei der Wärmeversorgung in Bestandsbauten ..... 33
2.1.4 Rechtssicherheit beim Gebäudeenergiegesetz schaffen ..... 33

2.2 Thema: Energetische Sanierung des Gebäudebestands ..... 34
2.2.1 Geringe Sanierungsquote und Modernisierung der Wärmeversorgung ..... 34
2.2.2 Energetische Sanierungen im Steuerrecht ..... 35
2.2.3 Sanierung vermieteten Wohnraums ..... 35

2.3 Thema: Fördermaßnahmen im Wärmesektor ..... 36
2.3.1 Hohe Wärmegestehungskosten ..... 36
2.3.2 Förderungen von KWK-Anlagen ..... 38
2.3.3 Förderung Wärmenetze und Wärmespeicher ..... 39

2.4 Thema: Wärmeinfrastruktur ..... 42
2.4.1 Fehlen zentraler Ansprechpartner ..... 42

2.4.2 Kommunale Wärmeplanung ..... 43
2.4.3 Bauplanungsrecht ..... 45
2.4.4 Umstellung auf gewerbliche Wärmelieferung (Wärmelieferverordnung) ..... 46
2.4.5 Nutzung von Abwärme bei steigender Effizienz ..... 46
2.4.6 Steigerung erneuerbarer Energien in Wärmenetzen ..... 47

**C3 Mobilität im urbanen Raum ..... 49**

3.1 Thema: ÖPNV-Förderung ..... 49
3.2 Thema: Sharing Mobility ..... 49
3.2.1 PBefG: Carsharing, Ride-Sharing, Ride-Pooling ..... 50
3.2.2 CsgG: Von Bundesrecht zu Landesrecht ..... 50
3.3 Thema: Ladeinfrastruktur und Ladeinfrastrukturkonzepte ..... 52
3.3.1 Hohe Kosten – Sorge vor Fehlinvestitionen ..... 52
3.3.2 Bepreisung von Ladestrom ..... 53
3.3.3 Miet- und Wohnungseigentumsrecht ..... 54
3.3.4 Fehlende Routinen der Verwaltung ..... 55
3.3.5 Umsetzung der Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie ..... 56
3.4 Thema: Urbaner Waren- und Güterverkehr ..... 56
3.4.1 Lieferzonen, Paketstationen und Mikro-Hubs ..... 56
3.4.2 Lärmschutz und Genehmigungspraxis ..... 57
3.4.3 Verfügbarkeit geeigneter Transportfahrzeuge ..... 58

In diesem Teil C werden die in dem vorherigen Berichtsteil B bei den Konzepten aufgeführten Hemmnisse durch eine gutachterliche Analyse mit Fokus auf die rechtlichen Rahmenbedingungen tiefergehend betrachtet und Lösungsmöglichkeiten dargestellt. Dabei werden nicht alle Hemmnisse aus den Konzepten im folgenden Kapitel aufgegriffen, sondern nur diejenigen, die aufgrund ihrer Komplexität einer genaueren Darstellung bedürfen.

Dieser Berichtsteil wurde federführend durch die beiden Hauptgutachter im dena-Projekt Urbane Energiewende erstellt: Becker Büttner Held Consulting (BBHC) und Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM). Es wurden zu allen Inhalten Diskussionen mit der dena und den Projektpartnern geführt, die einzelnen Punkte stellen aber nicht zwingenderweise die gemeinsame Meinung aller beteiligten Akteure dar.

Dieser Berichtsteil ist in sogenannte „Themen“ für die urbane Energiewende gegliedert, deren Schwerpunkt die rechtlichen Hemmnisse bilden. Die Auswahl der Themen bzw. der darunter dargestellten Hemmnisse und Lösungsmöglichkeiten erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

| **Digitalisierung** | |
|---|---|
| – Faktoren der Digitalisierung<br>– Datenerfassung<br>– Datenverarbeitung<br>– Steuerungsoptionen auf Grundlage der erfassten Daten<br>– Ausgewogener Datenzugang | – Beschränkungen im Bereich Datenverfügbarkeit<br>– IT-Sicherheit<br>– Offener Zugang zu Daten<br>– Unzureichende Nutzung vorhandener Daten<br>– Administrativ-technische Hindernisse bei der Umsetzung des GDEW |

| **Erhöhung der Stromerzeugung aus EE** | **„Grüne“ Eigenschaft der Strommenge** | **Stromnebenkosten Letztverbraucher** | **Anreize für Flexibilitäten** | **Eigenversorgung und Micro-Grids (Quartier)** |
|---|---|---|---|---|
| – Sinkende Akzeptanz in der Bevölkerung für den Zubau von EE-Anlagen<br>– Planungsinstrumente<br>– Gesamtdeckel des förderfähigen Zubaus von Solaranlagen | – | – | – Demand-Side-Management<br>– „Nutzen statt Abregeln“<br>– Bereitstellen von Flexibilitäten durch Speicher | – Prosumer und Eigenversorgung<br>– Micro-Grids und Quartierskonzepte<br>– Energiegenossenschaften |

| **Erneuerbare Wärme** | **Energetische Sanierung Gebäudebestand** | **Fördermaßnahmen im Wärmesektor** | **Wärmeinfrastruktur** |
|---|---|---|---|
| – Begriffsdefinition „erneuerbare Wärme<br>– Primärenergiefaktoren für Strom perspektivisch weiter anpassen<br>– Nutzung erneuerbarer Energien bei der Wärmeversorgung in Bestandsbauten | – Geringe Sanierungsquote und Modernisierung der Wärmeversorgung<br>– Energetische Sanierungen im Steuerrecht<br>– Sanierung vermieteten Wohnraums | – Hohe Wärmegestehungskosten<br>– Förderung von KWK-Anlagen<br>– Förderung Wärmenetze und Wärmespeicher | – Fehlen zentraler Ansprechpartner<br>– Kommunale Wärmeplanung<br>– Bauplanungsrecht<br>– Umstellung auf gewerbliche Wärmelieferung<br>– Nutzung von Abwärme bei steigender Effizienz |

| **ÖPNV-Förderung** | **Sharing Mobility** | **Ladeinfrastruktur und LIS-Konzepte** | **Urbaner Waren- und Güterverkehr** |
|---|---|---|---|
| | – PBefG: Carsharing, Ride-Sharing, Ride-Pooling<br>– CsgG: Von Bundesrecht zu Landesrecht | – Hohe Kosten – Sorge vor Fehlinvestitionen<br>– Bepreisung von Ladestrom<br>– Miet- und Wohnungseigentumsrecht<br>– Fehlende Routinen der Verwaltung<br>– Umsetzung der Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie | – Lieferzonen, Paketstationen und Micro-Hubs<br>– Lärmschutz und Genehmigungspraxis<br>– Verfügbarkeit geeigneter Transportfahrzeuge |

Abbildung 22: Übersicht der Themen zu Regulatorischen Herausforderungen

# C1 Energiesystem und Strom

## 1.1 Thema: Erhöhung der Stromerzeugung aus EE

Die Ziele der Energiewende können nur durch einen kontinuierlichen **Ausbau von EE-Anlagen** sowie einem damit einhergehenden **Netzausbau** erreicht werden. Die derzeitigen Entwicklungen in der Energiewirtschaft sehen jedoch anders aus. Der Nettozubau installierter EE-Leistung ist im Jahr 2018 im Gegensatz zu 2017 rückläufig, vgl. Abbildung 23. Dieser Rückgang ist vor allem auf den geringeren Nettozubau von WEA an Land zurückzuführen, der sich im Jahr 2018 gegenüber 2017 nahezu halbiert hat. Im ersten Quartal 2019 hat sich diese Entwicklung verschärft und beim Zubau von WEA an Land verglichen mit dem Jahr 2000 einen neuen Tiefstand erreicht. Der Zubau liegt im ersten Quartal 2019 fast 90 Prozent unter dem Niveau des jeweils ersten Quartals der vergangenen drei Jahre.[1] Bei den Biomasseanlagen, insbesondere bei der Stromerzeugung aus Biogas, wurden im Jahr 2018 mit 411 MW zwar mehr Leistung als 2017 (308 MW) zugebaut, jedoch entfielen 90 Prozent auf die Erhöhung der installierten Generatorleistung bei bestehenden Anlagen, sog. Überbauung.[2] Bei PV-Anlagen ist die Entwicklung deutlich positiver. Seit 2015 steigt der jährliche Zubau der PV-Kapazität kontinuierlich an.[3] Im Jahr 2018 setzt sich dieser Trend fort. Der Zubau stieg um 77 Prozent gegenüber dem Vorjahr auf 2.398 MW an,[4] womit der im EEG 2017 vorgesehene Ausbaupfad von 2.500 MW[5] übertroffen wurde.

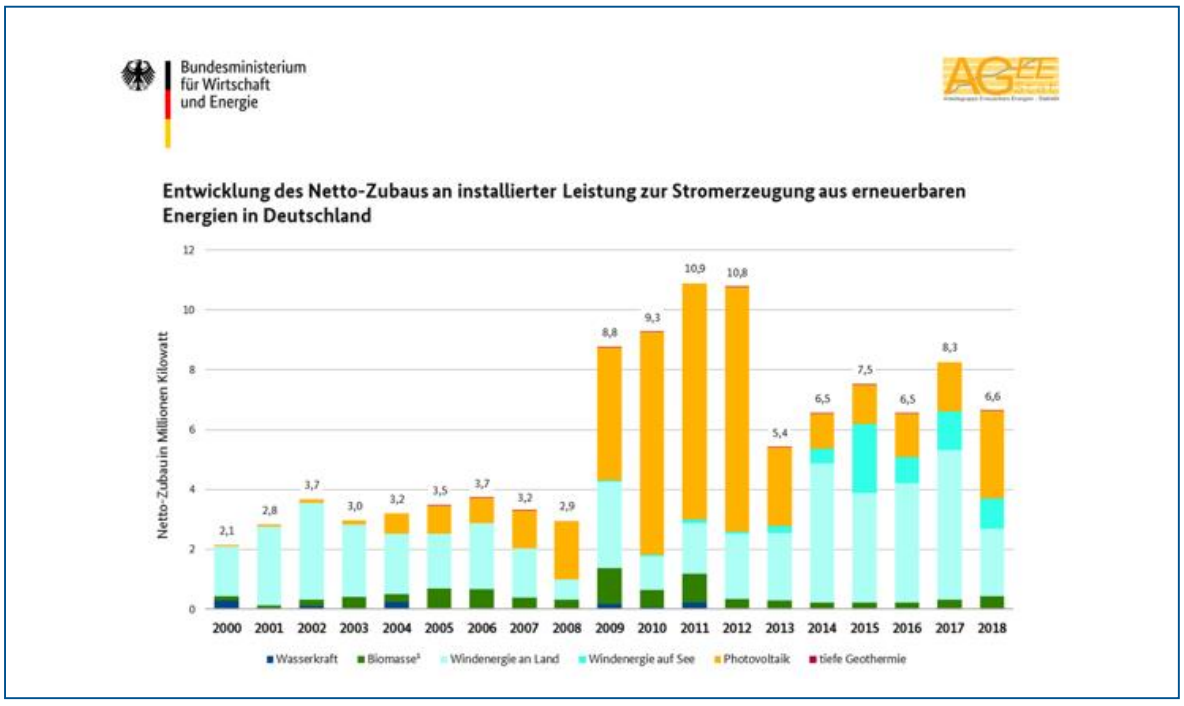



Abbildung 23: Entwicklung des Nettozubaus an installierter Leistung zur EE-Stromerzeugung[6]

[1] Fachagentur Windenergie an Land, 2019, S. 3.
[2] Umweltbundesamt, 2019a.
[3] Ebd. S. 8.
[4] Ebd.
[5] Vgl. § 4 Nr. 3 EEG 2017.
[6] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2019c.

### 1.1.1 Sinkende Akzeptanz in der Bevölkerung für den Zubau von EE-Anlagen

Mögliche Gründe für den Rückgang des Nettozubaus von WEA an Land sind zum einen die zahlreichen **Klageverfahren** gegen erteilte immissionsschutzrechtliche Genehmigungen von WEA und zum anderen die **Zuschlagssituation im Jahr 2017**, in dem 90 Prozent der Zuschläge (2.688 MW) an Bürgerenergiegesellschaften gingen.[7] Für Bürgerenergiegesellschaften gelten, aktuell bis Juni 2020 ausgesetzte,[8] Sonderbestimmungen, dass diese bereits ohne eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung an Ausschreibungen teilnehmen können und zudem eine zwei Jahre längere Realisierungszeit eingeräumt bekommen, vgl. § 36g EEG 2017. Im ersten Quartal 2019 hat dies zu einer Ausbaulücke geführt, da viele Bürgerenergiegesellschaften die zwei Jahre längere Realisierungszeit aller Voraussicht nach voll nutzen werden.[9] So wurden von den für Windenergieprojekte von Bürgerenergiegesellschaften bezuschlagten 2.688 MW bisher lediglich 167 MW immissionsschutzrechtlich genehmigt.[10]

Die **Gründe für die Klageverfahren** sind vielfältig. Viele Bürger empfinden die Häufigkeit und Sichtbarkeit der EE-Anlagen, insbesondere im Umland, als störend. Zwischen den Städten und dem Umland bestehen aufgrund der großen Flächenpotenziale des Umlands und den verdichteten Ballungszentren mit hohem Energiebedarf räumliche Disparitäten hinsichtlich der Erzeugungslast. Die meisten EE-Anlagen, insbesondere WEA, PV-Freiflächenanlagen und Biomasseanlagen sind im Umland angesiedelt.

Zudem profitieren die Standortkommunen nur in geringem Umfang von den EE-Anlagen auf ihrem Gebiet, wie beispielsweise durch die **Gewerbesteuer,** neue Infrastruktur oder Arbeitsplätze. Um die Wertschöpfung vor Ort und damit auch die Akzeptanz für den weiteren Zubau von EE-Anlagen zu erhöhen, könnten gesetzliche **Kompensationsmöglichkeiten** geschaffen werden, die sicherstellen, dass die Kommunen finanziell und damit indirekt die Bürger von den EE-Anlagen profitieren. Ein geeignetes Instrument dafür wäre beispielsweise eine im EEG geregelte Sonderabgabe der Anlagenbetreiber an die Kommunen.[11] Die Sonderabgabe könnte sich aus der Höhe, der Leistung sowie den Stromerträgen der jeweiligen Anlage errechnen – der Betreiber wäre verpflichtet, neben einer Einmalzahlung bei Inbetriebnahme auch ein jährliches Entgelt zu entrichten, vgl. Abbildung 24. Damit nicht nur die Standortkommune von den weit sichtbaren WEA profitiert, könnte die Sonderabgabe auf sämtliche Gemeinden in einem bestimmten Umkreis verteilt werden.

[7] Fachagentur Windenergie an Land, 2019, S. 6.
[8] § 104 Abs. 8EEG 2017.
[9] Der Gesetzgeber hat nach den Erfahrungen bei den Ausschreibungen im Jahr 2017 ein Jahr später die Sonderbestimmungen für Bürgerenergieanlagen bis zum Gebotstermin am 1. Juni 2020 ausgesetzt, vgl. § 104 Abs. 8 S. 1 EEG 2017.
[10] Fachagentur Windenergie an Land, 2019, S. 6.
[11] Agora Energiewende / Team Ewen GbR / Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2018, S. 59 ff.

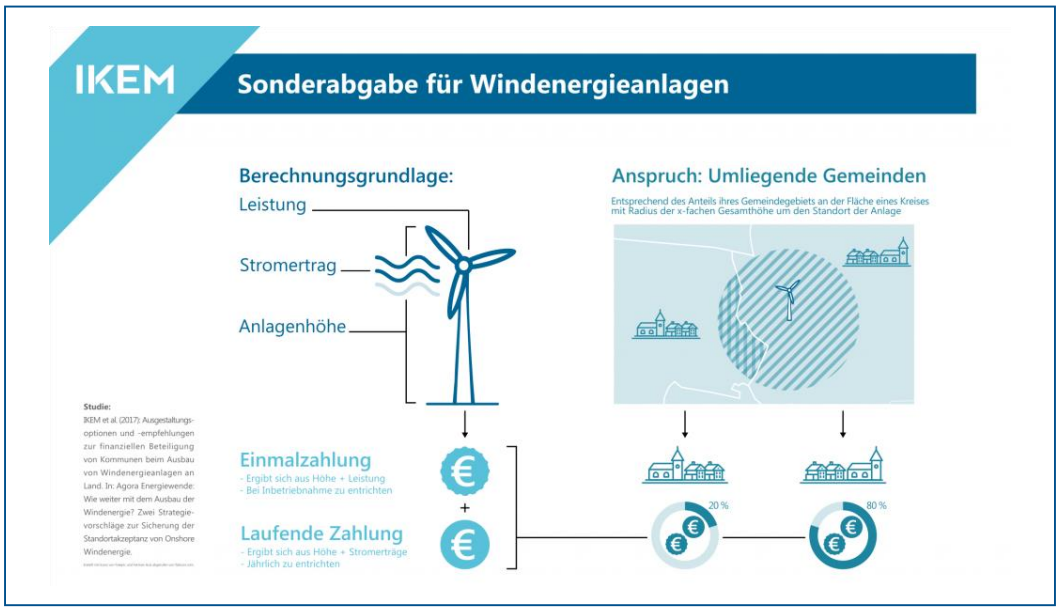



Abbildung 24: Berechnungsmodell für die Sonderabgabe von Windenergieanlagen Quelle: Eigene Darstellung IKEM nach[12]

Darüber hinaus werden die **konkreten Anlagenstandorte** in den meisten Fällen von den Vorhabenträgern ohne Einbeziehung der Kommune oder der Öffentlichkeit ausgewählt. Die Öffentlichkeit wird in der Regel im Vorfeld bei der Flächensteuerung auf Ebene der **Regional- oder Flächennutzungsplanung** beteiligt, indem der Plan üblicherweise für mindestens einen Monat öffentlich ausgelegt wird und die Betroffenen Stellungnahmen abgeben können, vgl. beispielsweise § 10 ROG und § 3 BauGB. In diesem Planungsstadium engagieren sich jedoch erfahrungsgemäß – schätzungsweise mangels konkreter Projekte vor der eigenen Haustür – wenige Bürger.[13] Anders sieht es im bau- und/oder immissionsschutzrechtlichen **Genehmigungsverfahren** aus, welches ab Einreichung der vollständigen Antragsunterlagen bei der zuständigen Behörde beginnt. Problematisch ist, dass die **Anlagen** zu diesem Zeitpunkt bereits **fertig geplant und kalkuliert** sind, sodass es im Genehmigungsverfahrens nicht mehr um den Dialog mit der betroffenen Öffentlichkeit, sondern um eine rechtssichere Behördenentscheidung geht.[14]

Eine verpflichtende Öffentlichkeitsbeteiligung ist bei **WEA** erst bei 20 oder mehr Anlagen gesetzlich vorgeschrieben, Nr. 1. 6 4. BImSchV i. V. m. § 10 Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG).[15] Bei weniger als 20 WEA genügt das vereinfachte Verfahren ohne Öffentlichkeitsbeteiligung, Nr. 1. 6.2 4. BImSchV i. V. m. § 19 BImSchG. Ähnlich sieht es bei den **Biomasseanlagen** aus, so ist beispielsweise bei Anlagen zur Erzeugung von Biogas gemäß Nr. 1. 15 f. 4. BImSchV i. V. m. § 19 BImSchG auch nur ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren ohne Öffentlichkeitsbeteiligung durchzuführen. Für die Errichtung von **PV-Freiflächenanlagen** ist keine immissionsschutzrechtliche Genehmigung notwendig, sondern je nach Größe oder Leistung der Anlage nur eine Baugenehmigung, deren Genehmigungsvoraussetzungen sich nach den Vorgaben der Landesbauordnungen richten.

Soweit man eine Förderung nach dem EEG 2017 in Anspruch nehmen will, ist für **Solaranlagen** (mit mehr als 100 kW zu installierender Leistung) eine Teilnahme an den **Ausschreibungsverfahren** zwingend, vgl. §§ 21 Abs. 1, 22 Abs. 1 EEG 2017. Nach §§ 37 Abs. 1 Nr. 3 a) - f), Abs. 2 EEG 2017 ist insoweit vorgeschrieben,

[12] Agora Energiewende / Team Ewen GbR / Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2018.
[13] Agora Energiewende / Team Ewen GbR / Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2018, S. 99.
[14] Ebd. S. 99.
[15] Gesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432) geändert worden ist.

dass sich die Flächen im Bereich einer **förmlichen Planung** (Planfeststellungsbeschluss oder Bebauungsplan) befinden. [16] Eine förmliche Planung sieht regelmäßig auch eine **Öffentlichkeitsbeteiligung** vor (vgl. § 73 VwVfG und § 3 BauGB), die in den Kommunen zur Akzeptanzsteigerung der EE-Anlagen beitragen soll.[17] Für die Standortplanung der PV-Freiflächenanlagen stellen viele Kommunen einen vorhabenbezogene Bebauungsplan gemäß § 12 BauGB auf. Der Vorteil eines **vorhabenbezogenen Bebauungsplans** ist, dass dieser auf Grundlage eines Vorhaben- und Erschließungsplans des Vorhabenträgers für ein konkretes Vorhaben aufgestellt werden kann[18] und die Kommune über größere planerische Gestaltungsmöglichkeiten verfügt, da sie nicht an die Planfestsetzungen des § 9 Abs. 1 BauGB gebunden ist.[19] Ähnlich wie bei der Einreichung der Genehmigungsanträge bei WEA, ist der Planungsstand der PV-Freiflächenanlage zum Zeitpunkt der Aufstellung des vorhabenbezogenen Bebauungsplans bereits recht konkret.[20] Die **Öffentlichkeitsbeteiligung** findet somit in Anbetracht des fortgeschrittenen Planungsstadiums zu einem **relativ späten Zeitpunkt** statt, sodass sich diese als Hemmnis für den weiteren EE-Zubau erweisen kann.

Eine frühe Öffentlichkeitsbeteiligung im Sinne einer allgemeinen Unterrichtung über die Ziele und Zwecke der Planung, die unterschiedlichen Lösungen und/oder Auswirkungen, ist zwar im Gesetz vorgesehen, aber nicht verpflichtend, vgl. § 3 Abs. 1 BauGB und § 25 VwVfG. Abhilfe könnte hier eine Reform der Vorschriften über die Öffentlichkeitsbeteiligung mit der Einführung einer **verpflichtenden frühen Information und Beteiligung der betroffenen Bürger (Öffentlichkeitsbeteiligung)** schaffen, die möglicherweise auch von dem Vorhabenträger durchzuführen sein könnte.[21] Eine solche Verpflichtung hätte zudem den Vorteil, dass das gesamte Planungs- und Genehmigungsverfahren **transparenter** wäre und somit anzunehmen ist, dass auch die Akzeptanz in der Bevölkerung für das Vorhaben größer ist.

### 1.1.2 Planungsinstrumente

Der **Zubau** von EE-Anlagen erfolgt vielfach unabhängig von den **örtlichen Netzkapazitäten**. Das Planungsrecht (Raumordnung und Bauleitplanung der Kommunen) orientiert sich bei der Flächenplanung und bei der Frage der Zulässigkeit einzelner Vorhaben nicht primär an den Netzkapazitäten. Im Fokus dieser Planungen stehen die Entwicklung und Nutzung des Gesamtraums sowie einzelner Teilräume. Dasselbe gilt für das Energierecht, welches die Standortwahl der EE-Anlagen und den Einsatz des Primärenergieträgers den Investoren überlässt,[22] sodass der Zubau in der Regel an den ertragsreichsten Standorten erfolgt. Die örtlichen Netzkapazitäten reagieren erst im Nachgang aufgrund der Verpflichtungen zum Netzausbau und zur Kapazitätserweiterung aus § 12 EEG 2017 auf den Zubau.[23] Das führt zu einer **Asymmetrie zwischen Netz- und Erzeugungsplanung**, da die Netzausbauplanung der Erzeugungsentwicklung nicht hinterherkommt.[24] Der Gesetzgeber versucht diese Lücke mithilfe des regulierungsrechtlichen Ausschreibungssystems und den Netzausbaugebieten aus § 36c EEG 2017 zu schließen.[25] Eine weitere Lösungsmöglichkeit könnte eine **Erzeugungsbedarfsplanung** darstellen.

[16] von Oppen, M., 2010, S. 295.
[17] Lippert in: Greb, K. / Boewe, M., 2019. § 37, Rn. 13.
[18] Busse in: Spannowsky & Uechtritz, 2019, S. § 12, Rn. 8 ff.
[19] Kohls in: Danner & Theobald, Kommentar, Energierecht, 100. EL, Stand. Dezember 2018, 2018a. Rn 241.
[20] Ebd. Rn. 242.
[21] Agora Energiewende / Team Ewen GbR / Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2018, S. 111.
[22] Hermes, G., 2014, S. 259.
[23] Ebd., S. 260.
[24] Rodi, M., 2017, S. 661.
[25] Ebd.

Auf Ebene der **Übertragungsnetze** sieht das Energiewirtschaftsrecht in den §§ 12a ff. EnWG bereits eine **spezielle Netzentwicklungs- und Bedarfsplanung** vor, deren Vorgaben in die Bundesfachplanung bei der Bestimmung der Trassenkorridore nach dem Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG) [26] einfließen. Die Vorgaben der Bundesfachplanung bilden wiederum die Grundlage für das anschließende Planfeststellungsverfahren, § 4 NABEG. Das Planungsregime der §§ 12a ff. EnWG könnte um eine Erzeugungsbedarfsplanung ergänzt werden,[27] die auf mehreren Ebenen (Bund, Länder und Kommunen) erfolgt.

So könnte mehr Versorgungssicherheit gewährleistet werden und die Netzausbaubedarfe könnten reduziert und aufgrund der Prognostizierbarkeit der Erzeugungsstruktur besser geplant werden.[28] Die energiepolitischen Ziele können, wie bereits jetzt in dem System der §§ 12a ff EnWG, der Planung zugrunde gelegt werden. Durch eine Einbeziehung der kommunalen Ebene in die Planung würde der Erzeugungsausbau vor Ort als weniger fremdbestimmt erlebt und die Akzeptanz voraussichtlich positiv beeinflusst.

Der **Zubau von PV-Fassadenanlagen** könnte durch Vorgaben für die verpflichtende Installation von PV-Anlagen im Neubau im Rahmen des Bebauungsplans erfolgen. § 9 Abs. 1 Nr. 23 b) BauGB ermöglicht es den Kommunen in ihren Bebauungsplänen spezielle Gebiete auszuweisen, in denen beim Neubau bestimmte technische und bauliche Maßnahmen für die Erzeugung, Nutzung und Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energien getroffen werden müssen. Eine rechtliche Betriebspflicht der Anlage geht mit der Festsetzung aus § 9 Abs. 1 Nr. 23 b) BauGB nicht einher.[29] Es erscheint jedoch realitätsfern, dass ein Eigentümer nach der kostenintensiven Anlageninstallation von einer Inbetriebnahme absieht.

Daneben können über städtebauliche Verträge gemäß § 11 Abs. 1 S. 1 Nr. 4 BauGB die Errichtung und Nutzung von EE-Anlagen, wie PV-Fassadenanlagen geregelt werden. § 11 BauGB eröffnet für die Gemeinde weitere Gestaltungsmöglichkeiten als die Bauleitplanung und ergänzt regelmäßig den Bebauungsplan.

### 1.1.3 Gesamtdeckel des förderfähigen Zubaus von Solaranlagen

Die EEG-Förderung für PV-Neuanlagen bis einschließlich 100 kW, die gemäß § 21 Abs. 1 Nr. 1 EEG 2017 eine feste Einspeisevergütung erhalten würden, reduziert sich nach § 49 Abs. 5 EEG 2017 im zweiten Folgemonat auf null, wenn die **Summe der installierten Leistung der geförderten Solaranlagen 52 GW überschreitet** (**Gesamtdeckel**). Für kleinere Solaranlagen, beispielsweise PV-Dachanlagen außerhalb des Ausschreibungssystems (feste Einspeisevergütung) besteht mit Erreichen des Deckels kein Zahlungsanspruch. Bis Juli 2019 waren in Deutschland 47,74 GW PV-Leistung installiert,[30] sodass bei einem jährlichen Zubauziel von 2.500 MW installierter PV-Leistung der **Förderdeckel bald erreicht** wird. Nach dem Koalitionsvertrag der Bundesregierung von März 2018 soll der **Anteil erneuerbarer Energien bis 2030 auf 65 Prozent des Bruttostromverbrauchs steigen**.[31] Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn bei einem gleichbleibenden Strombedarf mindestens 5 MW an PV-Leistung jährlich zugebaut wird.[32] Bei einem steigenden Strombedarf wären sogar 10 MW jährlich notwendig.[33] Mit der Beibehaltung des Gesamtdeckels für die Förderung von kleineren PV-Neuanlagen setzt der Bundesgesetzgeber im Hinblick auf die ehrgeizigen Klimaziele widersprüchliche Signale, die für viele

[26] Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1690), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.
[27] Hermes, G., 2014, S. 269.
[28] Ebd. S. 261.
[29] Mitschang/Reidt in Battis, Krautzberger, & Löhr, 2016. §9, Rn. 137.
[30] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, 2019.
[31] CDU/CSU/SPD, 2018, S. 71.
[32] Agora Energiewende , 2018, S. 15.
[33] Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., 2019, S. 4 f.

Bürger schwer nachvollziehbar sein werden. Gerade in urbanen Räumen, die ein großes Solarpotenzial aufweisen, wird der Gesamtdeckel aller Voraussicht nach zu einer **Stagnation des weiteren Zubaus an PV-Neuanlagen** führen und damit auch die **Energiewende in den urbanen Räumen deutlich erschweren**. Vor diesem Hintergrund wäre es daher wünschenswert, wenn der Bundesgesetzgeber den **Gesamtdeckel** in § 49 Abs. 5 EEG 2017 **ersatzlos streichen** würde. Das im Klimakabinett verabschiedete Klimaschutzprogramm 2030 sieht als eine Maßnahme zur Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien die Streichung des Gesamtdeckels vor.[34] Es ist somit eine Änderung der Gesetzeslage in naher Zukunft zu erwarten.

## 1.2 Thema: „Grüne" Eigenschaft der Strommenge

PtX-Anlagen, die ihren Strom **über das Netz der allgemeinen Versorgung beziehen (Netzstrombezug)** sind in Bezug auf die Weitergabe der „grünen" Eigenschaft von EE-Strom benachteiligt. Die **fehlende Möglichkeit** aus **erneuerbaren Energiequellen gewonnenen Strom bei Netzstrombezug** bilanziell **im Produkt zu berücksichtigen,** führt dazu, dass es aus Sicht der PtX-Anlagenbetreiber keinen Grund gibt, Grünstrom gegenüber konventionellen (ggf. günstigeren) Strom zu bevorzugen.

Das Energiewirtschaftsrecht berücksichtigt die grüne **dekarbonisierende Eigenschaft von EE-Strom** nach dessen Umwandlung in andere Energieträger und deren Nutzung in den Sektoren Wärme und Verkehr als „Strom aus erneuerbaren Energien" nur bei **EE-Strombezug über eine Direktleitung**.[35] Das hat zur Folge, dass nicht direkt und (meist) im räumlichen Zusammenhang der Anlage bezogener Netzstrom energiewirtschaftsrechtlich stets als „grau" behandelt wird. Für diese Bewertung ist es insbesondere **unerheblich**, ob ein Netzgrünstromprodukt bezogen wird, für das **Herkunftsnachweise** (§§ 3 Nr. 29, 79 EEG 2017) entwertet wurden. Denn Herkunftsnachweise können nur für nicht durch die EEG-Umlage finanzierten Strom weitergegeben bzw. zur Stromkennzeichnung genutzt werden (Doppelvermarktungsverbot, § 80 EEG 2017) und dienen ausschließlich als Verbraucherinformation auf der Stromrechnung, dass in den europäischen Mitgliedstaaten eine entsprechende Menge EE-Strom in einer bestimmten Anlage erzeugt wurde, § 42 Abs. 5 Nr. 2 EnWG.[36] Zudem sind die Herkunftsnachweise europaweit und unabhängig von der Strommenge, für die sie ursprünglich ausgestellt wurden, handelbar. Es lässt sich daher auch mittels Herkunftsnachweisen keine zuverlässige Aussage darüber treffen, dass bilanziell[37] betrachtet eine bestimmte Menge erneuerbar erzeugter Strom tatsächlich der vom Letztverbraucher bezogen Strommenge entspricht. Dasselbe gilt für **privatautonome Kennzeichnungen**, wie beispielsweise das Grünstromlabel.[38] Ein entsprechender bilanzieller Nachweis wäre aber notwendig, um belegen zu können, dass durch den Netzstrombezug von PtX-Anlagen kein Anreiz für die Stromerzeugung aus konventionelle Stromerzeugungsanlagen gesetzt wird.

[34] Bundesregierung, 2019, S. 17.

[35] Vertiefend dazu: Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2017, S. 17 f.

[36] Vgl. Art. 15 Abs. 2 UAbs. 4 RED I (2009/28/EG): „Der Herkunftsnachweis ist für die Einhaltung des Artikels 3 durch die Mitgliedstaaten nicht zu verwenden. Die Übertragung von Herkunftsnachweisen, sei es gesondert oder zusammen mit der physischen Übertragung von Energie, haben keine Auswirkungen auf die Entscheidung von Mitgliedstaaten, zur Erreichung der Ziele auf statistische Transfers, gemeinsame Projekte oder gemeinsame Förderregelungen zurückzugreifen; ebenso wenig haben sie Auswirkungen auf die Berechnung des gemäß Artikel 5 berechneten Bruttoendenergieverbrauchs von Energie aus erneuerbaren Quellen." Es gilt zu beachten, dass die Regelung in § 79 EEG 2017 – die auf § 55 EEG 2011 beruht – laut der Gesetzbegründung zu § 55 Abs. 1 EEG 2011 (BT-Drs. 17/3629, S. 88) „der 1:1-Umsetzung der Richtlinie 2009/28/EG [RED I]" dient.

[37] Der Stromfluss ist rein tatsächlich-physikalisch nicht bzw. jedenfalls nicht steuernd beherrschbar. Strom fließt (weitgehend) den Weg des geringsten Widerstandes und folgt damit den „Kirchoffschen Gesetzen", die die physikalische Strom- und Spannungsverteilung in Stromnetzen beschreiben (Gustav Robert Kirchhoff, 1824-1887).

[38] Der Grüner Strom Label e.V. zertifiziert grüne Energieprodukte und vergibt zu diesem Zweck privatautonom zwei Gütesiegel: Das Grüner Strom-Label für Ökostrom mit Mehrwert und das Grünes Gas-Label für umweltverträgliches Biogas, www.gruenerstromlabel.de.

Regionalnachweise (§§ 3 Nr. 38, 79a EEG 2017), die fest mit der zu kennzeichnenden Strommenge verknüpft sind, erlauben ebenfalls keine unmittelbare Aussage zur grünen Eigenschaft des Stroms, da sie diesen ausschließlich als „regional“ kennzeichnen.

Eine Lösungsmöglichkeit zur Gleichstellung von bilanziellem Grünstrom (bei Netzstrombezug) mit physikalischem Grünstrom (Bezug mittels einer Direktleitung) ist die Nutzung sog. **sortenreiner Bilanzkreise**. Das Instrument der Bilanzkreise ist bereits für die Inanspruchnahme der Marktprämie in § 20 Abs. 1 Nr. 4 EEG 2017 angelegt. Dadurch kann eine quasi in Echtzeit oder zumindest in einem 15-Minutenintervall erfolgende Bilanzierung von EE-Erzeugung und Letztverbrauch in Bilanz- oder Unterbilanzkreis(en) entlang der Lieferkette gewährleistet werden, sodass den Letztverbraucher bilanziell gesehen tatsächlich nur (regionaler) EE-Strom erreicht.[39] Die Vermarktung könnte nach dem Marktentwicklungsmodell als eine Form der sonstigen Direktvermarktung erfolgen[40] und damit insbesondere für ältere Bestandsanlagen, deren Förderung nach dem EEG 2017 in naher Zukunft ausläuft, eine **alternative Vermarktungsmöglichkeiten** mit regionalem Mehrwert geschaffen werden (**regionale Grünstromvermarktung**).[41]

[39] Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2018c, S. 25.
[40] Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2017, S. 10.
[41] Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2017.; Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2018c.

# 1.3 Thema: Stromnebenkosten für Letztverbraucher (Speicher und Umwandlungstechnologien)

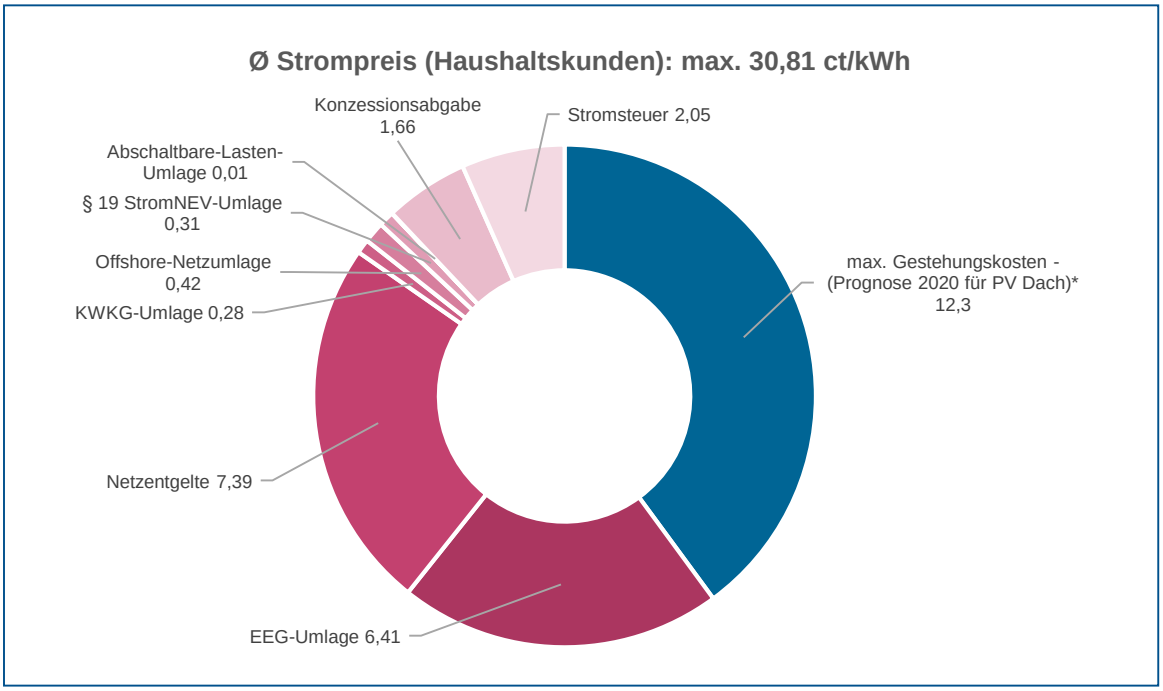



Abbildung 25: Stromnebenkosten für Letztverbraucher
Quelle: Eigene Darstellung IKEM nach[42]

PtX-Anlagen, Speicher[43] und der Strombezug von Ladepunkten für E-Fahrzeuge zählen nach herrschender Rechtslage zu den **Letztverbrauchern** nach § 3 Nr. 25 EnWG bzw. § 3 Nr. 33 EEG 2017. Sie müssen daher grundsätzlich alle staatlich veranlassten Strompreisbestandteile bzw. Letztverbraucherabgaben entrichten. Diese umfassen die EEG-Umlage, Netzentgelte, netzentgeltgekoppelte Umlagen (KWK-Umlage, Offshore-Netzumlage, Konzessionsabgabe, § 19 StromNEV-Umlage, Abschaltbare Lasten-Umlage) und Stromsteuer sowie die auf den Betrag anfallende Umsatzsteuer.

Die konkrete Höhe der Letztverbraucherabgaben hängt stark von der jeweiligen Art des Strombezugs ab. So ist in erster Linie zu unterscheiden zwischen **Strombezug aus dem Netz** der allgemeinen Versorgung (Netzstrombezug) und **Strombezug per Direktleitung** aus einer EE-Erzeugungsanlage. Beim Netzstrombezug entstehen die Stromnebenkosten grundsätzlich in vollem Umfang, wobei gesetzliche Befreiungs- und Privilegierungstatbestände relevant sein können. Bei Strombezug per Direktleitung fallen hingegen weder Netzentgelte noch netzentgeltgekoppelte Umlagen an. Des Weiteren kommen insbesondere Privilegierungen hinsichtlich der EEG-Umlage bei Eigenversorgungskonstellationen und der Stromsteuer in Betracht.

Das **Netzentgelt** entsteht grundsätzlich bei Strombezug aus Energieversorgungsnetzen i. S. d. § 3 Nr. 16 EnWG durch den Letztverbraucher, vgl. §§ 15 Abs. 1 S. 2, 17 StromNEV. Bei Strombezug außerhalb von Energieversorgungsnetzen i. S. d. § 3 Nr. 16 EnWG, also mittels Direktleitung oder innerhalb von Kundenanlagen i. S. d. § 3 Nr. 24a und 24b EnWG, fallen keine Netzentgelte oder netzentgeltgekoppelten Abgaben an.

[42] Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2018b.; Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2019e.
[43] Vgl. zu Speichern: BGH, Beschluss vom 17.11.2009, Az.: EnVR 56/08, ZNER 2010, 173 = NVwZ-RR 2010, 431.

Im Einzelfall kommen folgende Privilegierungen in Betracht:

- Zwischengespeicherte Strommengen in ortsfesten Anlagen, die nach dem 31.12.2008 neu errichtete und ab dem 4.8.2011, innerhalb von 15 Jahren in Betrieb genommen werden, sind für 20 Jahre hinsichtlich des Bezugs der einzuspeichernden Strommengen von den Netzentgelten befreit, wenn sie innerhalb desselben Netzes Strom wiedereinspeisen, vgl. § 118 Abs. 6 S. 1 und S. 3 EnWG (**Netzentgeltbefreiung für Stromspeicher).**
- Auch PtG-Anlagen profitieren von dieser befristeten Netzentgeltbefreiung. Sie gilt für **PtG-Anlagen** auch dann, wenn keine Rückverstromung stattfindet, vgl. § 118 Abs. 6 S. 7 EnWG.[44] Überdies sind die PtG-Anlagen bei Einspeisung des Gases ins Gasnetz von den Einspeiseentgelten befreit, § 118 Abs. 6 S. 8 EnWG.
- Individuelles Netzentgelt für Betreiber von Stromspeichern, § 19 Abs. 4 StromNEV: Greift der Befreiungstatbestand nach § 118 Abs. 6 EnWG nicht, kommen für Speicher die Privilegierung des individuellen Netzentgelts nach **§ 19 Abs. 4 StromNEV** in Betracht. Für PtG-Anlagen kann § 19 Abs. 4 StromNEV nur herangezogen werden, wenn eine Rückverstromung vorgesehen ist.
- Die in **§ 19 Abs. 2 S. 1 und S. 2 StromNEV** vorgesehenen individuellen Netzentgelte für atypische bzw. intensive Netznutzung sowie für steuerbare Verbrauchseinrichtungen nach **§ 14a EnWG** können für Speicher bzw. PtG-Anlagen grundsätzlich ebenfalls anwendbar sein.

Befreiungen und Privilegierungen hinsichtlich an das **Netzentgelt gekoppelter Abgaben** sind nur in engen Ausnahmefällen möglich. So gilt insbesondere der Netzentgeltbefreiungstatbestand nach § 118 Abs. 6 S. 1 EnWG nicht für netzentgeltgekoppelte Abgaben. Privilegierungen ergeben sich für die Konzessionsabgabe aus § 2 Abs. 4 Konzessionsabgabenverordnung (KAV), [45] für die KWK-Umlage aus den §§ 27 ff. KWKG (stromkostenintensive Unternehmen und Speicher), für die § 19 StromNEV-Umlage aus § 19 Abs. 2 S. 15 StromNEV und für die Offshore-Netzumlage aus § 17 Abs. 5 EnWG.

Die **EEG-Umlage** ist an den Letztverbrauch gekoppelt und entsteht unabhängig vom Netzstrombezug, vgl. § 60 EEG 2017.

Es kommen folgende Privilegierungstatbestände in Betracht:

- Liegen die Voraussetzungen der Eigenversorgung vor, kann sich die EEG-Umlage auf 40 Prozent reduzieren oder sogar ganz entfallen, §§ 61a und 61b EEG 2017. Unter einer Eigenversorgung versteht man gemäß § 3 Nr. 19 EEG 2017 den Verbrauch von Strom, den eine natürliche oder juristische Person im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit der Stromerzeugungsanlage selbst verbraucht, wenn der Strom nicht durch ein Netz durchgeleitet wird und diese Person die Stromerzeugungsanlage selbst betreibt. § 61b EEG 2017 sieht für Anlagen, in denen in dem Kalenderjahr ausschließlich erneuerbare Energien genutzt werden, eine Verringerung der EEG-Umlage auf 40 Prozent vor. Dasselbe gilt

[44] Mit dem Gesetz zur Beschleunigung des Energieleitungsausbaus vom 13.05.2019 (BGBl. I S. 706 (Nr. 19); Geltung ab 17.05.2019) hat das BMWi eine Anpassung des § 118 Abs. 6 S. 7 EnWG dahingehend vorgenommen, dass „auf Anlagen, in denen durch Wasserelektrolyse Wasserstoff erzeugt oder in denen Gas oder Biogas durch wasserelektrolytisch erzeugten Wasserstoff und anschließende Methanisierung hergestellt worden ist, sind die Sätze 1, 3 und 6 anzuwenden, soweit der erzeugte Wasserstoff oder das erzeugte Gas zur Stromerzeugung eingesetzt werden." Demnach wäre eine Netzentgeltbefreiung nur noch für solche PtG-Anlagen möglich, die tatsächlich den produzierten Wasserstoff bzw. nach Methanisierung das synthetische Methan zur Rückverstromung nutzen. Auf die Kritik aus den Reihen von Anlagenbetreibern und anderen Stakeholdern reagierte die Bundesregierung. Der vom Bundestag verabschiedete Entwurf des Gesetzes zur Änderung des Gesetzes über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (BT-Drs. 19/11186 (neu) nimmt die umstrittene Änderung wieder zurück. Absatz 6 Satz 7 wird wie folgt gefasst: „Die Sätze 2 und 3 sind nicht für Anlagen anzuwenden, in denen durch Wasserelektrolyse Wasserstoff erzeugt oder in denen Gas oder Biogas durch wasserelektrolytisch erzeugten Wasserstoff und anschließende Methanisierung hergestellt worden ist." Das Energiedienstleistungsgesetz wurde am 28.06.2019 beschlossen. Die Regelung zur Rücknahme der Änderung von § 118 Abs. 6 S. 7 EnWG tritt rückwirkend zum 17.05.2019 in Kraft, sodass die Norm in ihrer ursprünglichen Fassung ohne Unterbrechung weiter gilt.

[45] Konzessionsabgabenverordnung vom 9. Januar 1992 (BGBl. I S. 12, 407), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 4 der Verordnung vom 1. November 2006 (BGBl. I S. 2477) geändert worden ist.

gemäß § 61c EEG 2017 für hocheffiziente KWK-Anlagen, sofern die gesetzlichen Voraussetzungen (beispielsweise ein Jahresnutzungsgrad von mindestens 70 Prozent) vorliegen. Die bereits verringerte Umlagepflicht für Eigenversorger entfällt gem. § 61a EEG 2017 sogar vollständig, bei einem Kraftwerkseigenverbrauch (Nr. 1), wenn die Anlage weder unmittelbar noch mittelbar an das Netz angeschlossen ist (Inselanlagen, Nr. 2), bei einer vollständigen Eigenversorgung mit EE-Strom ohne Inanspruchnahme einer finanziellen Förderung (Stromautarkie, Nr. 3) oder, auf 20 Jahre befristet, wenn sie Anlagen mit höchstens 10 kW Nennleistung und einem kalenderjährlichen Stromverbrauch von höchstens 10 MWh betreiben (Kleinanlagen, Nr. 4). Diese Privilegien greifen jedoch nur bei EE-Anlagen die außerhalb des Ausschreibungssystems installiert werden, § 27a EEG 2017.

- Eine Art Privilegierung bei der EEG-Umlage erfahren Speicher durch das sog. Speicherprivileg nach § 61l EEG 2017. Danach reduziert sich die EEG-Umlagepflicht für den zur Zwischenspeicherung in einem elektrischen, chemischen, mechanischen oder physikalischen Stromspeicher eingespeicherten Strom um den Betrag, der auf die ausgespeicherte Strommenge zu zahlen ist. Ihre Rechtfertigung findet das Speicherprivileg in dem Umstand, dass die EEG-Umlage ansonsten beim Strombezug des Speichers und ein weiteres Mal nach der Ausspeicherung auf den Strombezug des Letztverbrauchers anfallen würde. Das Speicherprivileg schließt PtG-Anlagen ein, unter der Voraussetzung, dass eine Rückverstromung stattfindet. Auch der für PtG-Anlagen speziellere Tatbestand des § 61l Abs. 2 EEG 2017 erfordert eine Rückverstromung des zuvor in das Erdgasnetz eingespeisten Speichergases.
- Für Industrie- und Gewerbewerbeverbraucher kommt zudem eine EEG-Umlagereduzierung auf 15 bzw. 20 Prozent nach den besonderen Ausgleichsregelungen für stromkostenintensive Unternehmen bestimmter Branchen nach § 64 EEG 2017 in Betracht (analog für die KWKG-Umlage gem. § 27 KWKG). Dazu muss es sich u. a. um ein Unternehmen der Anlage 4 EEG 2017 handeln und es muss ein Stromverbrauch von über 1 MWh pro Jahr gegeben sein.

Die **Stromsteuer** entsteht gem. § 5 Abs. 1 S. 1 Alt. 1 StromStG durch Entnahme des von einem im Steuergebiet ansässigen Versorgers an einen Letztverbraucher geleisteten Stroms. Entnahme ist dabei weit zu verstehen und ist nicht auf die Entnahme aus dem Netz der allgemeinen Versorgung beschränkt.

Folgende Privilegierungen sind bei der Stromsteuer möglich:

- **Stationäre Batteriespeicher**, die dazu dienen, Strom vorübergehend zu speichern und anschließend in ein Versorgungsnetz für Strom einzuspeisen, gelten als Teile dieses Versorgungsnetzes, was zur Konsequenz hat, dass die Stromsteuer gar nicht erst entsteht, § 5 Abs. 4 StromStG.
- § 9 Abs. 1 Nr. 1 StromStG ist Strom, der in großen Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von mehr als 2 MW **aus erneuerbaren Energieträgern** erzeugt und vom Betreiber der Anlage **am Ort der Erzeugung zum Selbstverbrauch** entnommen wird von der **Stromsteuer** befreit. Eine Steuerbefreiung ist ausgeschlossen, wenn der Strom durch das Netz der allgemeinen Versorgung (legaldefiniert in § 2 Nr. 11 StromStG) durchgeleitet wird. Dies wird durch § 9 Abs. 1a StromStG klargestellt. Der Selbstverbrauch verlangt Personenidentität zwischen dem Betreiber der Anlage und demjenigen, der den Strom entnimmt bzw. verwendet.
- Von der Stromsteuer befreit ist zudem Strom, der **zur Stromerzeugung** entnommen wird, § 9 Abs. 1 Nr. 2 StromStG. Damit soll eine Doppelbesteuerung vermieden werden.
- Eine Stromsteuerbefreiung nach § 9 Abs. 1 Nr. 3 a) und b) StromStG kommt für **kleine Anlagen** (bis 2 MW Nennleistung), deren Strom in räumlichen Zusammenhang entnommen wird, a) vom Anlagenbetreiber als Eigenerzeuger zum **Selbstverbrauch** oder b) durch einen Letztverbraucher, dem der

Strom vom Anlagenbetreiber geleistet wurde, in Betracht. Der Begriff des räumlichen Zusammenhangs schließt nicht aus, dass das Stromnetz genutzt wird. Eine kaufmännisch-bilanzielle Übergabe genügt.[46]

- Eine Stromsteuerbefreiung nach § 9 Abs. 1 Nr. 3 a) und b) StromStG kommt zudem für Strom in Betracht, der in **kleinen Anlagen (bis 2 MW Nennleistung)** aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt und im räumlichen Zusammenhang zu der Anlage entnommen wird, wenn der Strom vom Anlagenbetreiber als Eigenerzeuger entweder zum Selbstverbrauch (a) genutzt oder an einen Letztverbraucher geleistet wurde (b).
- **PtG-Anlagen können** vom Befreiungstatbestand des § 9a Abs. 1 Nr. 1 StromStG für Elektrolyseure profitieren, vorausgesetzt der Anlagenbetreiber ist dem produzierenden Gewerbe zuzuordnen (Einzelfallbetrachtung). Die Herstellung von Wasserstoff könnte dabei als verarbeitendes Gewerbe oder als Energie- und Wasserversorgung i. S. d. § 2 Nr. 3 StromStG einzuordnen sein.

Strom ist im Gegensatz zu fossilen Energieträgern (Kraft- und Brennstoffen im Verkehrs- und Wärmesektor) besonders hoch mit Steuern, Abgaben und Umlagen belastet. Die dargestellten Befreiungs- und Privilegierungstatbestände für bestimmte PtX-Technologien und Speicher sind nicht ausreichend, um ein Level Playing Field zwischen fossilen und erneuerbaren Energien zu schaffen. Eine **Lösungsmöglichkeit** könnte eine sektorenübergreifende und technologieneutrale Reform des Steuer-, Abgaben- und Umlagensystems darstellen. Ansatzpunkt einer solchen Reform könnte eine wirksame **$CO_2$-Bepreisung** auch für die Sektoren außerhalb des Europäischen Emissionshandelssystems (EU-ETS) darstellen. Als Instrumente kommt insbesondere eine Steuer auf emittiertes $CO_2$ in Betracht, zum Beispiel als Komponente der Energiesteuern.[47] Die Schaffung verbesserter Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung könnte darüber hinaus durch die Anwendung von **gesetzlichen Experimentierklauseln** erreicht werden. Experimentierklauseln könnten ermöglichen, dass neue Anlagen erprobt werden, bei denen die Erzeugungsanlagen, Energiespeicher und PtX-Anlagen virtuell über das Stromnetz gekoppelt sind (sog. **Anlagenkopplung).** Die (virtuell) gekoppelten Anlagen könnten als eine geschlossene Einheit fungieren und durch abgestimmtes Erzeugungs- und Entnahmemanagement system- und netzdienlich arbeiten. Im Gegenzug könnten dem Hemmnis der hohen Stromnebenkosten durch den neuen Anlagentypus begegnet werden.[48]

## 1.4 Thema: Anreize für Flexibilitäten

### 1.4.1 Demand-Side-Management

Das gezielte Entnahmemanagement (**Zu- oder Abschalten von Lasten**) durch die Netzbetreiber (**Demand-Side-Management**) zählt zu den marktbezogenen Maßnahmen des Netzbetreibers zur Wahrnehmung seiner Systemverantwortung, § 13 Abs. 1 Nr. 2, Abs. 6 EnWG. Grundlage ist jeweils eine vertragliche Vereinbarung zwischen dem Netzbetreiber und dem Stromabnehmer. Der Vereinbarung geht ein diskriminierungsfreies und transparentes Ausschreibungsverfahren voraus, bei dem die Anforderungen, welche die Anbieter von Ab- oder Zuschaltleistung für die Teilnahme erfüllen müssen, zu vereinheitlichen sind. Die Ausschreibungen werden – wie die Ausschreibung zur Regelenergie – auf der gemeinsamen Plattform www.regelleistung.net veröffentlicht, vgl. § 13 Abs. 6 S. 2 EnWG. Die Bundesregierung ist ermächtigt, nähere Regelung zur Vereinheitlichung

[46] BMF, Schreiben vom 23.3.2015, III B 6 – V 4250/05/10003, S. 2.
[47] Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2019.
[48] Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2018b.

der Anforderungen für Ab- und Zuschaltleistungen in Form einer Rechtsverordnung zu erlassen, vgl. § 13i Abs. 1 S. 1 EnWG. Hinsichtlich der Abschaltung von Lasten wurde mit der abschaltbare Lasten-VO (AbLaV)[49] bereits Gebrauch von dieser Ermächtigung gemacht. Eine entsprechende Verordnung bzgl. zuschaltbarer Lasten steht hingegen noch aus. Nach der AbLaV müssen Verbrauchseinrichtungen grundsätzlich auf der Mittelspannungsebene (vgl. § 2 Nr. 1b AbLaV) angeschlossen sein, um an Ausschreibungen teilnehmen zu können. Verbrauchern auf Niederspannungsebene wird somit der Marktzugang verwehrt.

Ein weiteres Instrument des Lastmanagements stellt der **§ 14a EnWG** dar. Danach haben VNB-Lieferanten und Letztverbrauchern, mit denen sie Netznutzungsverträge abgeschlossen haben, ein reduziertes Netzentgelt zu berechnen, wenn mit ihnen im Gegenzug die netzdienliche Steuerung von **steuerbaren Verbrauchseinrichtungen vereinbart** wird. Die steuerbare Verbrauchseinrichtung (zum Beispiel Elektrospeicherheizungen oder Elektrowärmepumpen, gemäß § 14a S. 2 EnWG ausdrücklich auch E-Fahrzeuge), muss über einen separaten Zählpunkt verfügen. Der Anwendungsbereich des § 14a EnWG ist jedoch auf den Bereich der Niederspannung beschränkt. Größere (gewerbliche) Verbrauchseinrichtungen, die zum Beispiel an der Mittelspannungsebene angeschlossen sind, können nicht von der Regelung profitieren. Die Bundesregierung ist ermächtigt, durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates die Verpflichtung nach den Sätzen 1 und 2 des § 14a EnWG näher auszugestalten, § 14a S.3 EnWG. Das BMWi hat die Vorlage eines Entwurfs einer entsprechenden Verordnung wiederholt verschoben und geht aktuell davon aus, dass dieser frühestens Mitte 2020 vorliegen wird.[50]

Variable Strompreise schaffen über Preissignale Anreize, den Verbrauch an die aktuelle Erzeugungssituation anzupassen. Stromlieferanten haben Letztverbrauchern grundsätzlich bereits **lastvariabel** oder tageszeitabhängige **Tarife** anzubieten, um einen Anreiz zum Energiesparen oder zur Steuerung des Energieverbrauchs zu schaffen, vgl. § 40 Abs. 5 EnWG. Allerdings gilt dies nur unter der Einschränkung der „technischen Machbarkeit und wirtschaftlichen Zumutbarkeit".

**Die Bereitstellung von verbrauchsseitiger Flexibilität wird** mit starren staatlich induzierten Stromnebenkosten belastet (vgl. Kapitel 2.3). **Netzdienlicher, flexibler Verbrauch** kann sogar dazu führen, dass bestimmte **Privilegien hinsichtlich der Stromnebenkosten verloren** gehen. So deutet zum Beispiel die in § 19 Abs. 2 S. 1 StromNEV vorausgesetzte prognostizierte atypische Netznutzung durch einen Verbrauch und damit einhergehende Privilegierung bei den Netzentgelten zwar zunächst auf die Möglichkeit eines flexiblen Verbrauchs hin. Da das Verbrauchsverhalten anhand eines Vergleichs mit den Entnahmen anderer Verbraucher als „atypisch" bewertet wird und sich nicht an der volatilen EE-Stromerzeugung orientiert, wird allenfalls zufällig ein netz- und systemdienliches Verhalten gefördert. Die Vorgabe von starren Hochlastzeitfenstern kann tatsächlich den flexiblen Anlagenbetrieb sogar verhindern. Im Fall des § 19 Abs. 2 S. 2 StromNEV sind Netzentgeltprivilegierungen für einen kontinuierlichen und besonders hohen Strombezug von Letztverbrauchern vorgesehen. Auch diese Voraussetzungen stehen einer flexiblen Fahrweise von Verbrauchsanlagen entgegen. Auch die Bestimmung der Höhe der Netzentgelte kann einem flexiblen, netzdienlichen Verhalten entgegenstehen. Das Netzentgelt richtet sich maßgeblich danach, wie hoch die Jahreshöchstleistung an der jeweiligen Entnahmestelle ist, § 17 Abs. 1 StromNEV. Wird die Jahreshöchstleistung etwa durch netzdienlichen Verbrauch erhöht, erhöht sich auch der Jahresleistungspreis. Um dies zu verhindern, könnte in § 17 StromNEV eine Aus-

[49] Verordnung zu abschaltbaren Lasten vom 16. August 2016 (BGBl. I S. 1984), die zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 22. Dezember 2016 (BGBl. I S. 3106) geändert worden ist.
[50] Wiedemann, 2019.

nahmeregelung aufgenommen werden, wonach bei der Ermittlung der Jahreshöchstleistung diejenigen Leistungsspitzen nicht zu berücksichtigen sind, die beispielsweise durch die Erbringung von Zuschaltleistung verursacht werden.[51]

Um **Anreize für flexiblen Verbrauch** zu schaffen, sollte die Letztverbraucherabgabensystematik dahingehend reformiert werden, dass ein netz-, markt- und systemdienliches Verhalten von Verbrauchern positiv berücksichtigt wird.[52]

### 1.4.2 „Nutzen statt Abregeln"

Das Instrument „Nutzen statt Abregeln" soll Anreize zur netz- und systemdienlichen Steuerung von KWK-Anlagen mit mehr als 500 kW installierter elektrischer Leistung i. V. m. einer elektrischen Wärmeerzeugung (PtH) schaffen. Nach § 13 Abs. 6a EnWG können ÜNB mit KWK-Anlagenbetreiber vertragliche Vereinbarungen zur Reduzierung der Wirkleistungseinspeisung im Falle eines Netzengpassen schließen. Für die erforderliche Wärmeerzeugung wird durch die PtH-Anlagen zusätzlich Strom aus dem Netz entnommen, also eine Last zugeschaltet (doppelter Netzentlastungseffekt). Als Gegenleistung für die Bereitstellung der flexiblen Last erhält der Anlagenbetreiber eine angemessene Vergütung und die Kosten für die Lieferung der elektrischen Energie, sowie die Investitionskosten für die PtH-Anlage erstattet, § 13 Abs. 6a S. 2 Nr. 2, 3 EnWG. Ob von der Möglichkeit in der Praxis tatsächlich Gebrauch gemacht wird und Flexibilitätspotenziale so gehoben werden können, bleibt abzuwarten. Die Regelung ist zeitlich bis Ende 2023 beschränkt und technologiespezifisch ausgestaltet. Zudem ist die Regelung als obligatorisches Recht nur für ÜNB anwendbar. VNB sind ausdrücklich vom Anwendungsbereich ausgeschlossen, vgl. § 13 Abs. 6a S. 5 EnWG. Schließlich muss sich die KWK-Anlage in einem Netzausbaugebiet gemäß § 36c Abs. 1 EEG 2017 i. V. m. § 10 Erneuerbare-Energien Ausführungsverordnung (EEAV)[53] befinden, § 13 Abs. 6a S. 1 Nr. 2 EnWG. Der Anwendungsbereich der Norm ist klar umrissen. In Hinblick auf die Ausgestaltung der vertraglichen Vereinbarungen besteht jedoch **Rechts-** und daraus resultierende **Investitionsunsicherheit** für den KWK-Anlagenbetreiber. Unter anderem ist nicht geklärt, welche Kosten zu den erstattungsfähigen Investitionskosten zählen.[54]

Um das Flexibilitätspotenzial der Norm auszuschöpfen, könnte der Gesetzgeber den Anwendungsbereich der Norm auf VNB und Gebiete außerhalb des Netzausbaugebiets erweitern sowie die Ausgestaltung der Vereinbarungen insbesondere hinsichtlich des Umfangs der Kostenerstattung konkretisieren.

### 1.4.3 Bereitstellen von Flexibilitäten durch Speicher

Hohe Strombezugskosten durch **Letztverbraucherabgaben** hemmen den Einsatz von Speichertechnologien (vgl. Kapitel 1.3).

Darüber hinaus sind bei einem Speicherbetrieb durch den Netzbetreiber die **Entflechtungsvorschriften** zu beachten, die einem **Speicherbetrieb entgegenstehen**, wenn der Netzbetreiber durch den Speicherbetrieb zum Energieerzeuger werden würde. Die sog. Entflechtung (**Unbundling**) soll sicherstellen, dass der **Netzbetrieb unabhängig** von den Tätigkeitsbereichen der **Energieversorgung** (Erzeugung/Gewinnung und Energievertrieb) ist und damit die natürlichen Monopole der Netzbetreiber im Energiesektor aufgebrochen werden.

---

[51] Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2018c, S. 25.
[52] Universität Leipzig/Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V./Technische Universität Berlin/Siemens AG, 2019.
[53] Erneuerbare-Energien Ausführungsverordnung vom 22. Februar 2010 (BGBl. I S. 134), die zuletzt durch Artikel 17 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.
[54] Weiser & Schäfer-Stradowksy, 2018, S. 18.

Normadressaten der Entflechtungsvorschriften in den §§ 6 ff. EnWG sind die sogenannten vertikal integrierten EVU. Es handelt sich dabei um Unternehmen, die in der EU im **Elektrizitäts- oder Gasbereich** auf der Ebene des Netzbetriebs und zugleich im Bereich Erzeugung oder Vertrieb tätig sind oder verbundene Unternehmen, die zwei dieser Aufgaben wahrnehmen, vgl. die Legaldefinition aus § 3 Nr. 38 EnWG. Die Entflechtungsvorschriften adressieren folgende fünf Bereiche: **buchhalterische, informationelle, gesellschaftsrechtliche, organisatorische und eigentumsrechtliche Entflechtung**. Nur eingeschränkt gelten die Entflechtungsvorschriften für EVU, an deren Elektrizitäts- oder Gasverteilernetz weniger als 100.000 Kunden angeschlossen sind, sog. De-minimis-Unternehmen. In diesen Unternehmen ist nur eine buchhalterische, informationelle und eigentumsrechtliche Entflechtung vorgeschrieben, vgl. §§ 7 Abs. 2, 7a Abs. 7 EnWG.

Die Entflechtungsvorschriften stehen einem Speicherbetrieb nicht per se entgegen. Der **Speicherbetrieb** ist dann erlaubt, wenn er der Einhaltung der spezifischen Pflichten der Netzbetreiber nach dem EnWG dient, er also **netzdienlich** eingesetzt wird.[385] Das sind beispielsweise Betriebspflichten im Hinblick auf die Energieversorgungsnetze gemäß § 11 EnWG oder Pflichten zur Sicherstellung der Sicherheit und Zuverlässigkeit des Elektrizitätsversorgungssystems gemäß § 13 Abs. 1 EnWG. Eine marktdienliche Betriebsweise, im Sinne von weitergehenden Geschäftsmodellen, wie beispielsweise die Veräußerung von überschüssigem Strom sind nach den Entflechtungsvorschriften für vertikal integrierte EVU nicht erlaubt.[386]

Die **Novellierung der Elektrizitätsbinnenmarktrichtlinie (EBM-RL)** [55] im Zuge des Clean Energy Package hat auch Neuerungen im **Entflechtungsregime auf Übertragungs- und Verteilnetzebene mit sich gebracht.** Zum einen wurde der Adressatenkreis der Entflechtungsvorschriften erweitert, da sich die europarechtlichen Vorgaben nicht mehr nur, wie nach der derzeitigen Rechtslage, auf vertikal integrierte EVU als Netzbetreiber erstrecken, sondern auf alle Netzbetreiber.[388] Zum anderen ist der Speicherbetrieb durch die Netzbetreiber, auch bei Netzdienlichkeit nur bei einer gesonderten Gestattung durch die Mitgliedstaaten und unter gewissen Bedingungen erlaubt. Diese Bedingungen normiert Art. 54 Abs. 2 EBM-RL auf Übertragungsnetzebene und Art. 36 Abs. 2 EBM-RL fast wortgleich für die Verteilnetzebene:

a) Anderen Parteien, die ein offenes, transparentes und diskriminierungsfreies Ausschreibungsverfahren durchlaufen haben, das der Überprüfung und Genehmigung durch die Regulierungsbehörde bedarf, wurde nicht das Recht gewährt, Eigentümer solcher Anlagen zu sein bzw. diese Anlagen zu errichten, zu verwalten oder zu betreiben, oder sie konnten diese Leistungen nicht zu angemessenen Kosten und nicht rechtzeitig erbringen.

b) Solche Anlagen oder nicht frequenzbezogene Systemdienstleistungen sind notwendig, damit Übertragungsnetzbetreiber ihre Verpflichtungen im Rahmen dieser Richtlinie zur Aufrechterhaltung eines leistungsfähigen, zuverlässigen und sicheren Betriebs der Übertragungsnetze erfüllen, und solche Anlagen und Dienste werden nicht verwendet, um Elektrizität auf Strommärkten zu kaufen oder zu verkaufen.

c) Die Regulierungsbehörde hat geprüft, ob eine solche Ausnahme notwendig ist, eine ex-ante-Überprüfung der Anwendbarkeit des Ausschreibungsverfahrens einschließlich seiner Bedingungen vorgenommen und ihre Genehmigung erteilt.

Die Zulässigkeit des netzdienlichen Betriebs eines Speichers durch die Netzbetreiber hängt somit entscheidend von der Frage ab, ob eine andere Partei den Betrieb übernehmen kann. [389] Ob sich diese Neuerung negativ auf das Angebot von Flexibilitäten auswirkt, da ohne Investitionen Dritter möglicherweise Flexibilitätsoptionen fehlen,[390] wird sich nach der Richtlinienumsetzung in nationales Recht zeigen.

[55] Richtlinie 2019/944/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 mit gemeinsamen Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 2012/27/EU.

# 1.5 Thema: Eigenversorgung und Micro-Grids (Quartier)

## 1.5.1 Prosumer und Eigenversorgung

**Prosumer**, die den Strom sowohl selbst verbrauchen als auch an Dritte verkaufen, gelten nach § 3 Nr. 18 EnWG bzw. nach § 3 Nr. 20 EEG 2017 als **EVU** und werden damit unabhängig von ihrer Größe großen Unternehmen gleichgestellt. Das bedeutet, dass sie auch **dieselben Pflichten** treffen, wie beispielsweise die Anzeige der Energielieferung an die Bundesnetzagentur gemäß § 5 EnWG[56], die unverzügliche Anzeige an den ÜNB hinsichtlich der EEG-Umlage gemäß § 74 Abs. 1 EEG 2017 und die Mitteilung über gelieferte Strommengen gemäß § 74 Abs. 2 EEG 2017. Des Weiteren müssen sie die gesetzlichen Vorgaben bezüglich Rechnungslegung, Vertragsausgestaltung und Stromkennzeichnung gemäß §§ 40 bis 42 EnWG beachten. Soweit die Belieferung mit Strom über das öffentliche Netz erfolgt, bedarf es zudem eines Netznutzungsvertrags oder Lieferantenrahmenvertrag nach § 3 StromNZV[57]. Diese bürokratischen Pflichten fordern die Prosumer als kleinere Einheiten über das erforderliche Maß hinaus und stellen ein **zentrales Hemmnis für bürgergetragene dezentrale Versorgungskonzepte** dar.

Mit der **Elektrizitätsbinnenmarkt-Richtlinie (EBM-RL)**, die im Zuge des Clean Energy Package beschlossen wurde, soll die Teilhabe verschiedener Akteure auf dem Strommarkt gestärkt werden und dementsprechend die Hemmnisse bürgergetragener Versorgungskonzepte verringert werden. Art. 15 EBM-RL normiert die Rechte der aktiven Kunden, worunter nach der Definition in Art. 2 Nr. 8 EBM-RL auch der Prosumer fällt. Danach dürfen **aktive Kunden** keinen unverhältnismäßigen oder diskriminierenden technischen und administrativen Anforderungen sowie Verfahren, Umlagen und Abgaben sowie nicht-kostenorientierten Netzentgelten unterworfen zu werden. Nach diesen europarechtlichen Vorgaben ist es wahrscheinlich, dass diese **Gleichstellung** der **Prosumer mit** den **EVU europarechtswidrig** ist, da diese unverhältnismäßigen administrativen Anforderungen unterworfen werden. In diesem Fall wäre ein Tätigwerden des Gesetzgebers erforderlich.
Prosumer können ihren Strom auch ohne die Vermarktung an Dritte zur reinen **Eigenversorgung** nutzen. Eigenversorgungskonzepte sind nach der derzeitigen Rechtslage im EEG 2017 in der Regel mit 40 Prozent der EEG-Umlage belastet, § 61b EEG 2017. Die EEG-Umlage entfällt in der Regel nur bei kleineren Erzeugungsanlagen mit einer installierten Leistung von höchstens 10 kW für höchstens 10 MWh selbst verbrauchten Stroms pro Kalenderjahr, § 61a Nr. 4 HS. 1 EEG 2017. In Art. 21 der **Erneuerbaren-Energien-Richtlinie II (RED II)**[58],, die im Rahmen des Clean Energy Package beschlossen wurde, hat die EU nun das **Recht auf Eigenversorgung** normiert und Eigenversorgungskonzepte gestärkt. Die RED II ist nach Art. 36 Abs. 1 im Wesentlichen bis spätestens 30. Juni 2021 vom nationalen Gesetzgeber umzusetzen. Nach Art. 21 Abs. 2 a) ii) RED II darf eigenerzeugter EE-Strom, der an Ort und Stelle verbleibt, weder diskriminierenden oder unverhältnismäßigen Verfahren noch jeglichen Abgaben, Umlagen oder Gebühren unterworfen werden. Es ist daher fraglich, ob die **Belastung mit 40 Prozent der EEG-Umlage** nach deutschem Recht nicht **europarechtswidrig** und ein Nachjustieren des Gesetzgebers erforderlich ist.

[56] Davon ausgeschlossen ist die Belieferung von Haushaltskunden ausschließlich innerhalb einer Kundenanlage oder innerhalb eines geschlossenen Verteilernetzes sowie über nicht auf Dauer angelegte Leitungen, § 5 S. 1 Hs. 2 EnWG.
[57] Stromnetzzugangsverordnung (StromNZV) vom 25. Juli 2005 (BGBl. I S. 2243), die zuletzt durch Artikel 14 des Gesetzes vom13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.
[58] Richtlinie 2018/2001/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen.

Die europarechtliche Privilegierung der Eigenversorgung in Art. 21 Abs. 2 a) ii) RED II gilt nicht uneingeschränkt. Nach Art. 21 Abs. 3 RED II sind **Ausnahmen von der Abgaben- und Gebührenfreiheit der Eigenversorgung** möglich, wenn

1. der vom Eigenversorger erzeugte Strom auf effektive Weise durch eine Förderregelung unterstützt wird und die Belastung nicht die Wirtschaftlichkeit des Projekts und den Anreizeffekt der Förderung untergräbt
2. ab 1. Dezember 2026 der Anteil von EE-Eigenversorgungsanlagen 8 Prozent der gesamten in einem Mitgliedstaat installierten Stromerzeugungskapazität übersteigt […] oder
3. der Strom in einer Anlage mit einer **installierten Leistung von mehr als 30 kW** erzeugt wird.

Besondere Bedeutung hat vor allem Nr. 3, da dieser zu einem **Anpassungsbedarf der Ausnahmeregelungen** für die Eigenversorgung im EEG 2017 führt. Die Belastung mit der EEG-Umlage für EE-Anlagen, die der Eigenversorgung dienen ist nach diesen Vorgaben erst ab einer installierten Leistung von 30 kW und nicht, wie in § 61b EEG 2017 für alle Anlagen, mit Ausnahme der Kleinanlagen mit höchstens 10 kW installierter Leistung nach § 61a Nr. 4 EEG 2017, möglich. Die gegenwärtigen Ausnahmeregelungen zur Eigenversorgung sind damit aller Voraussicht nach europarechtswidrig und erfordern ein Tätigwerden des Gesetzgebers.

Ein weiteres Hemmnis bei der Eigenversorgung ist das sehr enge **Begriffsverständnis des EEG**. Nach den Begriffsbestimmungen in § 3 Nr. 19 EEG 2017 handelt es sich nur dann um Eigenversorgung, wenn **Personenidentität** zwischen dem EE-Anlagenbetreiber und dem Stromverbraucher besteht. Das hat zur Folge, dass bei EE-Anlagen in **Mehrparteienhäusern** mit der typischen Vermieter-Mieter-Konstellation **keine Eigenversorgung** gegeben ist und die Mieter letztlich die volle EE-Umlagen bezahlen müssen. Es bestehen daher für die Mieter wenig Anreize den Strom aus der hauseigenen EE-Anlage zu beziehen.

Aus europarechtlicher Sicht ist die **Definition von Eigenversorgung des EEG 2017 zu eng**. Nach Art. 2 Nr. 14 RED II ist Eigenversorgung immer dann gegeben, wenn ein Endkunde an Ort und Stelle innerhalb definierter Grenzen […] **Elektrizität erzeugt** und eigenerzeugte erneuerbare Elektrizität **speichert oder verkauft**, sofern es sich bei diesen Tätigkeiten – im Falle gewerblicher Eigenversorger – nicht um die gewerbliche oder berufliche Haupttätigkeit handelt. Nach dieser Definition ist der EE-Anlagenbetreiber sogar berechtigt den Strom zu verkaufen. Eine Personenidentität zwischen Anlagenbetreiber und Stromverbraucher ist nicht erforderlich. Das bedeutet, dass nach der **Definition in der RED II** im Gegensatz zu der Definition des EEG 2017 in der Vermieter-Mieter-Konstellation **Eigenversorgung** gegeben wäre.

In Art. 2 Nr. 14 und 15 RED II wird auch erstmalig die **gemeinsame Eigenversorgung** eingeführt, wonach eine Gruppe von zumindest zwei gemeinsam handelnden Eigenversorgern, die sich in demselben Gebäude oder Mehrfamilienhaus befinden grundsätzlich dieselben Rechte wie einzelne Eigenversorger haben. Sie dürfen insbesondere den Austausch der vor Ort produzierten erneuerbaren Energie untereinander vereinbaren.

Inwieweit durch diese Rechtsfigur weitere Anreize zur Eigenversorgung geschaffen werden, insbesondere im Hinblick auf die Wohnungseigentümergemeinschaften, muss sich nach Umsetzung ins deutsche Recht zeigen.

### 1.5.2 Micro Grids/Quartierskonzepte

Letztverbraucher, die ihren Strom innerhalb von Quartierskonzepten beziehen, können grundsätzlich von günstigeren Strompreisen profitieren, da einige Stromnebenkosten, zum Beispiel die Netzentgelte oder die Stromsteuer nicht anfallen:

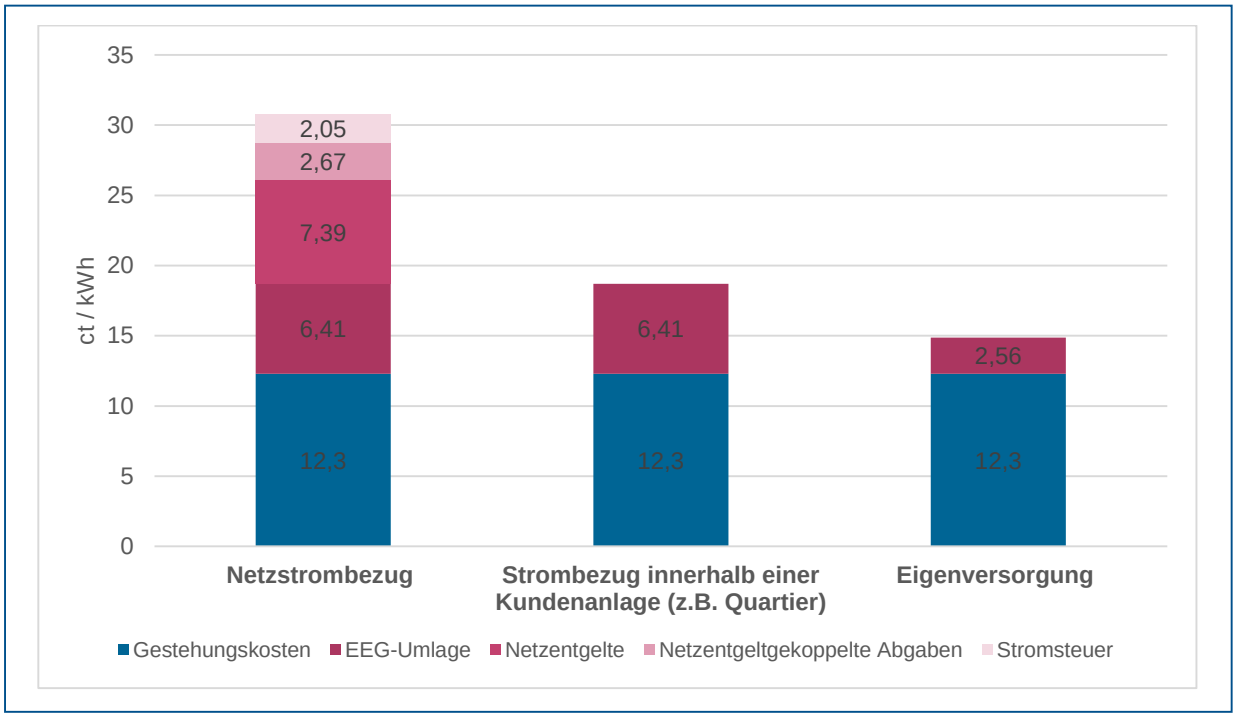



Abbildung 26: Stromnebenkosten bei einer Kundenanlage
Quelle: Eigene Darstellung IKEM nach [59]

Rechtlich stellt sich die Frage, ob die entsprechenden Energieversorgungsleitungen im Einzelfall als **Energieversorgungsnetze** i. S. v. § 3 Nr. 16 EnWG bzw. nach § 110 EnWG in Form des geschlossenen Verteilernetzes oder als **Kundenanlage** i. S. v. § 3 Nr. 24a EnWG einzuordnen sind. Dies ist insbesondere relevant, da Kundenanlagen – anders als Energieversorgungsnetze – nicht den Regulierungsanforderungen des EnWG, insbesondere der Netzentgeltregulierung, unterworfen sind. Der **Begriff der Kundenanlage** wird jedoch von der BNetzA und der Rechtsprechung zunehmend **restriktiv** ausgelegt (Regel-Ausnahmeverhältnis).[60] Nach der Gesetzesdefinition in § 3 Nr. 24a EnWG sind Kundenanlagen Energieanlagen zur Abgabe von Energie,

a. die sich auf einem räumlich zusammengehörenden Gebiet befinden,
b. mit einem Energieversorgungsnetz oder mit einer Erzeugungsanlage verbunden sind,
c. für die Sicherstellung eines wirksamen und unverfälschten Wettbewerbs bei der Versorgung mit Elektrizität und Gas unbedeutend sind und
d. jedermann zum Zwecke der Belieferung der angeschlossenen Letztverbraucher im Wege der Durchleitung unabhängig von der Wahl des Energielieferanten diskriminierungsfrei und unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden.

Das Kriterium der **räumlichen Zusammengehörigkeit** ist nach Ansicht der Rechtsprechung gegeben, wenn das Gebiet auf Grund einer gewissen Nähe und Verbindung zwischen den Grundstücken aus Sicht eines objektiven Betrachters als **einheitlich** wahrgenommen wird.[61] Das bedeutet, dass das Gebiet sowohl geographisch

[59] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2019e. Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2018b.
[60] OLG Düsseldorf, Beschluss vom 13.06.2018, Az. VI-3 Kart 48/17 (V); OLG Frankfurt, Beschluss vom 08.03.2018, 11 W 40/16 (Kart) S. 11.
[61] OLG Stuttgart Kartellsenat, Beschluss v. 27.05.2010, Az. 202 EnWG 1/10, Rn. 50 m.w.N.

von seiner Umgebung abgrenzbar sein als auch eine innere Verbundenheit und Geschlossenheit aufweisen muss. Letzteres liegt nach der Rechtsprechung nur vor, wenn die Verbundenheit **nicht durch störende oder trennende Unterbrechungen** in Form von räumlichen Hindernissen (wie z. B. Straßen, Gleise etc.) **aufgehoben** wird.[62] Die Beurteilung dessen erfolgt im Einzelfall an Hand objektiver Maßstäbe.[63] So kann ein Quartierskonzept beispielsweise schon an einer mehrspurigen Straße mit begrüntem Mittelstreifen scheitern, wenn diese als eine trennende Unterbrechung einzustufen ist.[64]
Die Einordnung vieler Quartierskonzepte als Kundenanlagen bereitet in der Praxis auch aufgrund des Kriteriums in lit. c Schwierigkeiten. Danach muss die Kundenanlage für die Sicherstellung eines **wirksamen und unverfälschten Wettbewerbs** bei der Strom- oder Gasversorgung **unbedeutend** sein. Dabei ist es entscheidend, ob die Anlagen aufgrund ihres **wirtschaftlichen Gewichts** und ihrer **Größe** geeignet sind, einen solchen Einfluss auf den Wettbewerb auszuüben, dass sie reguliert werden müssen.[65] Diese Beurteilung ist insbesondere anhand der Anzahl der angeschlossenen Letztverbraucher, der gelieferten Energiemengen und der geographischen Ausdehnung der Anlage vorzunehmen.[66] Die Rechtsprechung und die BNetzA bejahen bei vielen Kundenanlagen dieses Kriterium, wobei insbesondere bei größeren Anlagen mit über 90 angeschlossenen Letztverbrauchern eine Bedeutung für den Wettbewerb angenommen werden kann.[67] Es wird daher künftig kaum noch möglich sein, größere Quartierskonzepte als „Kundenanlagen“ auszugestalten.

### 1.5.3 Exkurs: Energiegenossenschaften

Mit dem Erlass der **RED II** und der **EBM-RL** im Zuge des Clean Energy Package wurden mit der **Erneuerbare-Energien-Gemeinschaft** (nach RED II) und den **Bürgerenergiegemeinschaften** (nach EBM-RL) **auf Unionsebene zwei neue Akteure auf dem Strommarkt** geschaffen, mit deren Hilfe die Teilhabe der Bürger an der Erzeugung und Verteilung erneuerbarer Energien gestärkt werden soll. Normiert wurden die Erneuerbare-Energien-Gemeinschaft in Art. 22 RED II und die Bürgerenergiegemeinschaften in Art. 16 EBM-RL. Im **deutschen Recht** gibt es bislang nur die **Bürgerenergiegesellschaft,** die sich aber begrifflich und auch vom Anwendungsbereich von den Bürgerenergiegemeinschaften und der Erneuerbare-Energien-Gemeinschaft unterscheidet. Gemäß § 3 Nr. 15 EEG 2017 versteht man unter einer Bürgerenergiegesellschaft jede Gesellschaft,

a) die aus mindestens zehn natürlichen Personen als stimmberechtigten Mitgliedern oder stimmberechtigten Anteilseignern bestehen,

b) bei denen mindestens 51 Prozent der Stimmrechte bei natürlichen Personen liegen, die seit mindestens einem Jahr vor der Gebotsabgabe ihren gemeldeten Hauptwohnsitz in der kreisfreien Stadt bzw. im Landkreis haben, in der bzw. in dem die WEA entsprechend der Standortangaben im Gebot errichtet werden soll(en), und

c) bei denen kein Mitglied oder Anteilseigner mehr als 10 Prozent der Stimmrechte hält.

Der Anwendungsbereich der Bürgerenergiegesellschaft ist auf die Ausschreibungen von Windenergie an Land begrenzt, vgl. § 36g EEG 2017. Im Gegensatz dazu haben die Erneuerbare-Energien-Gemeinschaften nach Art. 22 Abs. 2 RED II das Recht zur **Stromerzeugung**, zum **Verbrauch**, zur **Speicherung**, zum **Verkauf** und zur **gemeinsamen Stromnutzung** innerhalb der Gemeinschaft. Die Mitgliedstaaten müssen dabei sicherstellen,

[62] OLG Düsseldorf, Beschluss vom 13.06.2018, Az. VI-3 Kart 48/17 (V), Rn. 79 ff. m.w.N.
[63] BNetzA, Beschluss v. 03.04.2017, Az. BK6-15-166, S. 11.
[64] Ebd. S. 12.
[65] Ebd. S. 13.
[66] Ebd. S. 14.
[67] Ebd. S. 15 f.; KG Berlin, Beschluss v. 20.03.2014, Az. 2 W 16/16 EnWG, Rn. 48.

dass die Erneuerbare-Energien-Gemeinschaften hinsichtlich ihrer Tätigkeiten **diskriminierungsfrei** behandelt werden, vgl. Art. 22 Abs. 4 e) RED II. Dasselbe gilt für die Bürgerenergiegemeinschaften, die nach Art. 2 Abs. 11 c) EBM-RL in den Bereichen Erzeugung, einschließlich aus erneuerbaren Quellen, Verteilung, Versorgung, Verbrauch, Aggregierung, Energiespeicherung, Energieeffizienzdienstleistungen oder Ladedienstleistungen für Elektrofahrzeuge tätig sein oder andere Energiedienstleistungen für seine Mitglieder oder Anteilseigner erbringen können.

Obwohl die Erneuerbare-Energien-Gemeinschaft und die Bürgerenergiegemeinschaft sich in großen Teilen ähneln, ergeben sich begrifflich kleinere Unterschiede. Beide Rechtspersonen beruhen auf einer offenen und freiwilligen Beteiligung, werden von ihren Mitgliedern oder Anteilseignern kontrolliert und verfolgen nicht vorrangig das Ziel der Erwirtschaftung finanzieller Gewinne, sondern sollen ihren Mitgliedern, Anteilseignern oder lokalen Gebieten ökologische, wirtschaftliche oder soziale Gemeinschaftsvorteile bringen, vgl. Art. 2 Abs. 11 EBM-RL (Bürgerenergiegemeinschaft) und Art. 2 Nr. 16 RED II (Erneuerbare-Energien-Gemeinschaft).

Die Definition der Erneuerbare-Energien-Gemeinschaften aus Art. 2 Nr. 16 RED II ergänzt die genannten Merkmale um das **Erfordernis einer örtlichen Nähe** der Anteilseigner oder Mitglieder zu den Projekten der Gemeinschaft. Inwieweit die begrifflichen Unterschiede Auswirkungen auf die Praxis haben werden, wird sich nach Umsetzung der Richtlinien in das nationale Recht zeigen.

Generell enthalten die Vorschriften zu den Erneuerbare-Energien-Gemeinschaften und den Bürgerenergiegemeinschaften viele **unbestimmte Rechtsbegriffe**, die einer genaueren Konkretisierung im Recht der einzelnen Mitgliedstaaten bedürfen. Von dieser Konkretisierung und Umsetzung der europarechtlichen Vorgaben wird es auch abhängen, inwieweit die beiden Rechtspersonen tatsächlich in der Praxis geeignet sind, die Partizipation der Bürger an der Stromerzeugung und -verteilung zu stärken.

## 1.6 Thema: Digitalisierung

Daten werden häufig als „Rohstoffe des 21. Jahrhunderts“ bezeichnet – wer Daten erheben, auswerten und für neue Geschäftsmodelle verwenden kann, kann hieraus wirtschaftliche Vorteil erzielen.[68] Daten gelten als Grundlage für eine erfolgreiche Digitalisierung – also das informationstechnische Verarbeiten und Nutzbarmachen – und damit (auch) als notwendige Voraussetzung der urbanen Energiewende. Entsprechend gibt es viele gegenläufige Interessen und Wünsche, auf welche Art und Weise Daten erstellt bzw. erhoben werden sollten und wie der Zugriff auf Daten gestaltet sein sollte. So wünschen sich Kommunen, Unternehmen und Verteilnetzbetreiber einen schnellen Zugang zu korrekten Daten, welche darüber hinaus passend aufgelöst und rechtzeitig zur Verfügung gestellt werden müssen. Hierzu gehören beispielsweise Daten bezüglich dem Netzzustand, dem aktuellen oder geplanten Energieverbrauch, dem Betriebszustand von Wärmeerzeugungsanlagen oder dem Sanierungszustand eines Gebäudes. Dem stehen gleichzeitig die Bedürfnisse von Unternehmen und Privatpersonen bezüglich der Wahrung ihrer Geschäftsgeheimnisse bzw. ihrer Privatsphäre gegenüber. Diese widerstreitenden Interessen und Wünsche finden sich an vielen Stellen in der Datenwirtschaft wieder, beispielsweise in entsprechenden Regularien, die ein Hemmnis für Innovationen und effiziente Ressourcennutzung darstellen können. Ebenso existieren große Unklarheiten und Unsicherheiten bezüglich der Nutzungsmöglichkeiten von Daten; sei es, dass die rechtlichen Bedingungen unklar sind, oder dass ein Nichtwissen sowie Nichtnutzen bezüglich vorhandener Daten gegeben sind. Um diesen verschiedenen Hemmnissen

[68] Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2016.

begegnen zu können, müssen diese erkannt und einzeln untersucht werden, um anschließend über Lösungsmöglichkeiten diskutieren zu können. Dabei liegt ein maßgeblicher Schwerpunkt auf der rechtlichen Betrachtung, welche Hürden es bei der Erhebung und Nutzung von Daten gibt.

### 1.6.1 Beschränkungen im Bereich Datenverfügbarkeit

Erhebliche Unklarheit und rechtliche Unsicherheit bestehen bezüglich der Zugriffsmöglichkeiten auf Daten. Diese Thematik wird auch in der dritten Leitlinie der Smart City Charta, insbesondere unter dem Blickwinkel der mit den verschiedenen Herausforderungen bei der Verfügbarkeit von Daten adressiert.[69] Auch für Projekte im urbanen Raum, müssen die Akteure die gesetzlichen Vorschriften einhalten. Hierfür müssen sie vorab wissen, welche Daten sie auf welche Art und Weise erheben, verarbeiten und verwerten – und nur in diesem vorab genau spezifizierten Umfang dürfen sie dann auch Daten erheben, verarbeiten oder verwerten. Besonders schwierig wird dies, wenn Daten beispielsweise bei der Installation eines Energiemanagementsystems in einem Quartier aus verschiedenen Datenquellen aus Gebäuden oder/und einzelnen Haushalten stammen. Hier können datenrechtliche Aspekte unterschiedlichster Unternehmen und Bürger berührt werden, die vor der Installation des Energiemanagementsystems rechtlich zu prüfen sind.

An dieser Stelle wird wiederum der grundlegende Konflikt innerhalb der Datenpolitik sichtbar: Es gibt zum einen die Akteure, die sich eine gute Datenverfügbarkeit bzw. einen guten Datenzugang wünschen, um innovative Ideen verwirklichen und neue Geschäftsmodelle erschließen zu können. Zum anderen gibt es komplementär dazu stehende gewichtige Positionen der Kunden und Bürger sowie Unternehmen, die ihre grundrechtlich geschützten Freiheiten (Recht auf informationelle Selbstbestimmung Art. 2 Abs. 1 und Art. 1 Abs. 1 GG, Geschäfts- und Betriebsgeheimnisse Art. 12 und 14 GG) gewahrt wissen wollen. Diese Positionen finden sich in den politischen Debatten um die verschiedenen Regularien sowohl auf EU-Ebene als auch auf Bundesebene wieder.

Die Unsicherheiten im Umgang mit Daten ergeben sich insbesondere aus der Fragmentierung und Unklarheit des Datenrechts. Im Datenrecht kommen verschiedene Gesetze, Verordnungen und Richtlinien zum Tragen, sodass bei jeder Erhebung und Verwertung im Einzelfall zu prüfen ist, welche Vorschriften Anwendung finden. Dabei kommt es verstärkt auf die europäische Gesetzgebung an. Allein zwei der zehn EU-Kommissionsprioritäten betreffen mittelbar oder unmittelbar die urbane Energiewende: Digitaler Binnenmarkt sowie Energieunion und Klimaschutz.[70]Im Rahmen dessen wurden fortlaufend Rechtsakte erlassen, die diese Prioritäten befördern sollen. Im Folgenden soll ein Überblick über die relevantesten Regelungen im Bereich der Datenwirtschaft gegeben werden.

Am bekanntesten ist die **Datenschutzgrundverordnung** (DS-GVO) aus dem Jahr 2018, die sich auf den Schutz von natürlichen Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten und den freien Verkehr solcher Daten bezieht.[71] Dazu komplementär wurde im November 2018 die Free-Flow-of-Data-Verordnung[72] erlassen, um den freien Verkehr von Daten zu gewährleisten, die keine personenbezogenen Daten sind. Adressaten sind hier natürliche und juristische Personen, die Datenverarbeitungsdienste für Nutzer, die in der EU wohnhaft oder niedergelassen sind, erbringen[73]. Im Wesentlichen sollen Datenlokalisierungsauflagen abgebaut werden,

[69] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2017, S. 12.
[70] Europäische Kommission, 2018a, S. 3 ff.
[71] Art. 1 Abs. 1 DS-GVO.
[72] Verordnung (EU) 2018/1807 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. November 2018 über einen Rahmen für den freien Verkehr nicht-personenbezogener Daten in der Europäischen Union (ABl. Nr. L 303, 59 ff.).
[73] Erwägungsgrund Nr. 15, Art. 1 Abs. 1 Verordnung (EU) 2018/1807.

um die Nutzung ausländischer Clouddienste zu ermöglichen.[74] Zeitgleich mit der DS-GVO sollte im Jahr 2018 die **ePrivacy-Verordnung**[75] in Kraft treten, die die aus dem Jahr 2002 stammende ePrivacy-Richtlinie ablösen sollte. Bisher ist die ePrivacy-Verordnung jedoch noch nicht erlassen worden. Der aktuelle Entwurf sieht vor, dass die Verordnung eine Ergänzung zur DS-GVO sein soll.[76] Künftig sollen bei der Bereitstellung und Nutzung elektronischer Kommunikationsdienste natürliche und juristische Personen in ihren Grundrechten und Grundfreiheiten, insbesondere mit Blick auf ihre personenbezogenen Daten, geschützt werden.[77] Dabei zielt die noch ausstehende Verordnung auf die Gewährleistung eines freien Verkehrs elektronischer Kommunikationsdaten und elektronischer Kommunikationsdienste in der EU ab.[78] In Erwägungsgrund Nr. 12 des Entwurfs zur ePrivacy-Verordnung wird klargestellt, dass diese auch in der Maschine-Maschine-Kommunikation (beispielsweise Smart Metering) Anwendung finden soll.

Auf nationaler Ebene findet zudem das **Bundesdatenschutzgesetz** (BDSG)[79] Anwendung. § 1 Abs. 5 BDSG stellt insofern klar, dass die DS-GVO Anwendungsvorrang zukommt.[80] Das BDSG adressiert dabei grundsätzlich die Verarbeitung personenbezogener Daten durch öffentliche Stellen des Bundes oder der Länder oder durch nichtöffentliche Stellen.[81] Zwar werden u.a. Landesbehörden und die Gemeinden vom BDSG umfasst, vgl. § 2 Abs. 2 Var. 1, 4 BDSG, jedoch ist das BDSG auf sie grundsätzlich nicht anwendbar.[82] Es gelten die jeweiligen **Landesdatenschutzgesetze**[83], in deren Anwendungsbereich beispielsweise kommunale Eigenbetriebe fallen können.[84] Des Weiteren können auch das Geschäftsgeheimnisgesetz (GeschGehG)[85] und das Unlauterer Wettbewerb-Gesetz (UWG)[86] von Relevanz sein.

Ein besonderer Fall ist der bereichsspezifische Datenschutz für die Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen nach dem **Messstellenbetriebsgesetz** (MsbG**)**. Innerhalb des MsbG gibt es umfangreiche Regelungen zur Erhebung von Messwerten durch Messstellenbetreiber – zumeist VNB – sowie zu deren anschließender Verwendung durch die berechtigten Stellen, beispielsweise Energielieferanten oder im Kundenauftrag handelnde Dritte. Die §§ 40 bis 75 MsbG (Teil 3 – Regelungen zur Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen) enthalten die spezifischen gesetzlichen Vorgaben.[87] Mit § 49 Abs. 1 S. 2 MsbG wird der abschließende und datenschützende Charakter des MsbG klargestellt, indem eine Übermittlung, Nutzung oder Beschlagnahme der Daten nach anderen Rechtsvorschriften unzulässig ist.[88] Das MsbG geht somit sämtlichen anderen nationalen Regelungen zum Datenschutz vor.[89] Rechtlich strittig ist, ob ein sektorspezifisches Datenrecht neben der DS-GVO bestehen kann. Zumindest hat die DS-GVO Anwendungsvorrang, womit bei bestehenden Widersprüchen das MsbG europarechtskonform auszulegen ist.[90]

[74] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2019a, S. 1.
[75] Europäische Kommission, 2017.
[76] Art. 1 Abs. 3 des Entwurfs für die ePrivacy-Verordnung.
[77] Art. 1 Abs. 1 des Entwurfs für die ePrivacy-Verordnung und Erwägungsgrund Nr. 41 des Entwurfs für die ePrivacy-Verordnung.
[78] Art. 1 Abs. 2 des Entwurfs für die ePrivacy-Verordnung.
[79] Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2097).
[80] Ernst in: Paal & Pauly, 2018, S. § 1, Rn. 13 f.
[81] Ebd. Rn. 2 ff.
[82] Ausnahmen finden sich in § 1 Abs. 1 Nr. 2 BDSG.
[83] Ernst in: Paal & Pauly, 2018, S. § 2, Rn. 9.
[84] Bartsch/Dippold in: vom Wege & Weise, 2019, S. Kap. 9, Rn. 4.
[85] Gesetz zum Schutz von Geschäftsgeheimnissen (GeschGehG) vom 18. April 2019 (BGBl. I S. 466).
[86] Gesetz gegen den unlauteren Wettbewerb in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. März 2010 (BGBl. I S.254), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 18. April 2019 (BGBl. I S. 466) geändert worden ist.
[87] Bartsch/Dippold in: vom Wege & Weise, 2019, S. Kap. 9, Rn. 25 ff.
[88] Deutscher Bundestag, 2016, S. 105.
[89] Bartsch/Dippold in: vom Wege & Weise, 2019, S. Kap. 9, Rn. 29 ff.
[90] Ebd.

Festzustellen ist zudem, dass es kein Eigentumsrecht an Daten gibt.[91] Es gibt jedoch eine weitreichende politische und gesellschaftliche Diskussion, ob ein solches Eigentumsrecht oder zumindest ein einheitliches Datengesetzbuch geschaffen werden sollte.[92] Die Datenethikkommission der Bundesregierung hat sich gegen die Einführung eines Dateneigentums ausgesprochen, da dies nicht zur Problemlösung beitragen würde, sondern neue Probleme schaffen würde.[93]

Insgesamt kommt es hier auf den Gesetzgeber an, eindeutige Regelungen zu finden, um Klarheit und Verständlichkeit für alle Beteiligten der urbanen Energiewende zu schaffen sowie ausreichend Zugangsrechte für die Wirtschaft zu gestalten. Dabei müssen die verschiedenen Positionen ausreichend berücksichtigt und zwischen ihnen angemessen abgewogen werden. Ein alternativer Weg ist, eine Onlineberatung für den Bereich des Datenschutzes auf Länder- und auch auf Bundesebene einzuführen. Das Bayerische Landesamt für Datenschutzaufsicht bietet sowohl für Bürger als auch für Unternehmen eine Onlineberatung für verschiedene Bereiche (beispielsweise Werbung, Videoüberwachung, Informationspflichten) an.[94] Eine andere Lösungsmöglichkeit ist der Aufbau einer Datenökonomie mit Marktplätzen, die einen Datenaustausch zwischen den Unternehmen fördert. Bedingung dafür ist die Monetarisierung von Daten und eine gleichzeitige Beschränkung, dass die Daten nur im vorher – zwischen den jeweiligen Partnern – vereinbarten Sinne verwendet und verbreitet werden dürfen. [95]

### 1.6.2 Unzureichende Nutzung vorhandener Daten

Als ein wesentliches Hemmnis bei der Umsetzung der Digitalisierung gilt die nicht ausreichende Nutzung bereits vorhandener Daten. Dies gilt sowohl für die Bereiche der Energiewirtschaft[96] als auch für den Bereich urbaner Strukturen. Bezüglich des Bereichs der urbanen Strukturen fehlt es am grundlegenden Wissen über die vorhandenen, kommunalen Datenbestände sowie an Wissen über verfügbare Software, Standards für Datenzugänge und zur Übertragbarkeit der vorhandenen Daten. Hinzu kommt, dass es keine ausreichende Verknüpfung und Vernetzung der Datenbestände gibt, da jene proprietär und isoliert voneinander gespeichert werden.

Eine Möglichkeit, die vorhandenen Daten besser zu nutzen, ist die Schaffung eines **urbanen Datenraums**, der eigene kommunale, datenbasierte Dienste und Angebote zur Verfügung stellt. Diese könnten den diversen Akteuren aus der Kommune, Wirtschaft und Bürgergesellschaft zur Verfügung gestellt werden.[97] Des Weiteren muss ein Bewusstsein dafür geschaffen werden, dass viele Daten bereits vorhanden sind, jedoch nicht genutzt werden. Hilfreich kann dabei auch ein Austausch zwischen verschiedenen Städten sein. Zurückgehend auf den Koalitionsvertrag hat die Bundesregierung das Schwerpunktprogramm „Digitale Stadtentwicklung und Förderung von Smart Cities“ ab 2019 aufgelegt, um u.a. den nationalen als auch internationalen Erfahrungs- und Wissensaustausch zu stadtentwicklungspolitischen Themen bezüglich der Digitalisierung zu befördern.[98]

Ein weiteres beispielhaftes Problem gibt es im **Wärmebereich**. Den Kommunen fehlt es oft an einer Zugriffsmöglichkeit auf planungsrelevante Daten, was ein wesentliches Hemmnis für die Gesamtwärmeplanung, insbesondere auch für die potenzielle Nutzung von Abwärme darstellt. Dabei obliegt den Kommunen gemäß

[91] Stender-Vorwachs & Steege, 2018, S. 1363 ff.
[92] Beispielsweise Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2017a, S. 129 f.
[93] Datenethikkommission der Bundesregierung, 2019, S. 18.
[94] Bayerisches Landesamt für Datenschutzaufsicht, 2019.
[95] Vgl. Begleitforschung Smarte Service Welt II / Institut für Innovation und Technik, 2019.
[96] Bundesnetzagentur, 2018, S. 88.
[97] Fraunhofer-Institut für offene Kommunikationssysteme/Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssystem/ Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, 2018, S. 14.
[98] Deutscher Bundestag, 2019a.

Art. 28 Abs. 2 GG die kommunale Planungshoheit. Einige Bundesländer haben dieses Problem erkannt und entsprechende **Auskunftsansprüche** gesetzlich verankert. Zu nennen sind hier § 7 EWKG-SH [99] und § 8 Abs. 4 ThürKlimaG.[100] Es liegt somit bei den Landesgesetzgebern entsprechende Auskunftsansprüche einzuführen, um auch im Wärmebereich eine effiziente Planung der Kommunen zu erreichen.

### 1.6.3 Zugang zu und Verwendung von Daten

Wie eingangs eschrieben, bestehen zahlreiche und auch kontroverse Vorstellungen verschiedener Akteure über den Zugang zu Daten und zu ihrer Nutzung und zu ihrer Nutzung über den ursprünglichen Zweck hinaus. Die Hemmnisse der Digitalisierung der Energiewende bestehen aber grundsätzlich nicht in „proprietären Daten“, sondern darin, dass mangels eines geeigneten Marktdesigns und unzureichender Regulierung energiewirtschaftliche Prozesse nicht mit ökonomischen Perspektiven versehen sind. Besondere Relevanz hat der marktwirtschaftliche Bereich der **Online-Plattformen**. Der EU-Gesetzgeber hat erkannt, dass Online-Vermittlungsdienste als eine Art „Torwächter“ für den Zugang zu Märkten und Kunden fungieren können. Dies kann zur Abhängigkeit von bestimmten Onlinediensten führen und negative Auswirkungen, beispielsweise mittels Anwendung von potenziell schädlichen Handelspraktiken oder schlechte Rankingplätze bei Onlinesuchmaschinen, haben.[101] Um dem Gesagten vorzubeugen, hat der EU-Gesetzgeber im Jahr 2018 einen Entwurf für eine Verordnung zur Förderung von Fairness und Transparenz für gewerbliche Nutzer von Online-Vermittlungsdiensten[102] erarbeitet, die sich aktuell noch im Gesetzgebungsprozess befindet.

Hiervon muss die Open-Data-Perspektive zur Weiterverwendung von Daten in anderen Nutzungsfeldern unterschieden werden. Dabei geht es sowohl um die bürgergesellschaftliche als auch die privatwirtschaftliche (Weiter-)Nutzung von Daten, nicht zuletzt in anderen Geschäftsfeldern, sogenannten „Mehrwertdienstleistungen“. Dies war Gegenstand der Novelle der **Public Sector Information Directive (PSI-Richtlinie)**[103]. Die Novelle umfasst öffentliche Versorgungs- und Verkehrsunternehmen, die bislang nicht unter die PSI-Richtlinie fielen und Daten erzeugen, die ein enormes Potenzial zur weiteren Verwendung aufweisen.[104]

Laut EU-Kommission soll der wirtschaftliche Nutzen öffentlicher Daten in den 28 EU-Mitgliedsstaaten von 52 Milliarden EUR im Jahr 2018[105] auf 194 Milliarden EUR im Jahr 2030[106] steigen. Prinzipiell kann die Nutzung öffentlicher Daten Unternehmen der Energie- und Verkehrsbranche dabei unterstützen, bedarfsgerecht Ihre bestehenden Produkte und Dienstleistungen zu verbessern, neue Geschäftsmodelle und Lösungen zu entwickeln und somit einerseits den Klimaschutz und die Energiewende zu fördern und andererseits dem Wunsch nach Innovationen in der Gesellschaft zu entsprechen. Denn laut den Ergebnissen einer Studie zur Smart Energy in Deutschland wünschen sich 85 Prozent der Befragten neue Lösungen für Smart Energy-Anwendungen[107]. Gleichzeitig ist zu beachten, dass Deutschland mit rund 900 Stadtwerken[108] und Netzbetreibern ganz andere Voraussetzungen hat als andere europäische Länder, wie beispielsweise Estland mit nur einem Netzbetreiber und Versorger in Union. Für kommunale Unternehmen stellen Daten ebenso die Grundlage für Geschäftsmodelle wie für privatwirtschaftliche Unternehmen.

---

[99] Energie- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein verkündet als Artikel 1 des Gesetzes zur Energiewende und zum Klimaschutz in Schleswig-Holstein vom 7. März 2017 (GVOBl. S. 124).
[100] Thüringer Klimagesetz (ThürKlimaG) vom 18. Dezember 2018 (GVBl. S. 816).
[101] Europäische Kommission (2018c), S. 1 f.
[102] Ebd.
[103] Richtlinie2019/1024/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors (ABl. L 172/56).
[104] Europäische Kommission (2019b).
[105] Europäische Kommission (2018b) S. 402.
[106] Ebd.
[107] Alexander von Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft und co2online (2018).
[108] Verband Kommunaler Unternehmen e.V. (2017).

In Bezug auf die PSI-Richtlinie betonen insbesondere kommunale Unternehmen, dass die Nutzung öffentlicher Daten rein privatwirtschaftlich adressiert ist, der gegenläufige Weg aber verschlossen bleibt, sodass die PSI-Richtlinie potenziell wettbewerbsverzerrend wirkt. Daher sollte auch die Frage einer wettbewerbs- und kartellrechtlich orientierten Definition der Datenökonomie bei der Umsetzung der PSI-Richtlinie beachtet werden. Insbesondere sollte mit Blick auf Datenschutz und Datensicherheit sowie auf daraus resultierende Haftungsfragen beachtet werden, dass Daten durch kommunale Unternehmen aufgrund ihrer Nähe zum Kunden gut geschützt und verantwortet sein müssen.

Um bei der Umsetzung der PSI-Richtlinie in deutsches Recht auch den Besonderheiten der deutschen Energiewirtschaft mit ihrer Vielzahl kommunaler Unternehmen gerecht zu werden, ist neben dem Ziel der weiteren Erschließung potenzieller Geschäftsfelder auch das Vermeiden von Verzerrungen zwischen öffentlichen und privaten Unternehmen zu berücksichtigen.[109] Des Weiteren wird mit Blick auf die Veröffentlichung des Gutachtens der Datenethikkommission deutlich, dass neben dem Datenschutzbedarf von Unternehmen[110] auch die datenrechtliche Stellung des Bürgers künftig souveräner ausgestaltet sein muss,[111] um den Bürger zu einer grundsätzlichen „digitalen Selbstbestimmung“[112] zu verhelfen. Dabei können die öffentlich-rechtlichen Unternehmen aufgrund ihrer Stellung innerhalb der Daseinsfürsorge eine besondere Rolle im Rahmen ihrer Verantwortung einnehmen.

### 1.6.4 IT-Sicherheit

Die zunehmende Digitalisierung bringt neben diversen Vorteilen auch einige Nachteile mit sich. Je weiter die Digitalisierung voranschreitet, um so vielfältiger werden die möglichen Angriffspunkte, die auch äußerst sensible Bereiche betreffen. Laut dem Lagebericht in Deutschland 2018 vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik ist die Gefährdungslage bezüglich der IT-Sicherheit weiterhin hoch. Demnach werden auf unterschiedliche Arten massenhaft schadhafte Techniken entwickelt und eingesetzt.[113]

Im Zeitalter der Digitalisierung und des zunehmend intelligenten Stromnetzes ist damit ein ausreichender Schutz gegen Cyberangriffe und andere Vorfälle, die die Energieversorgungssicherheit beeinträchtigen können, notwendig.[114] Auf EU-Ebene wird daher die **EU-Cybersicherheitsstrategie**[115] verfolgt. Aus dieser Strategie heraus wurde die NIS-Richtlinie (Richtlinie für Netz- und Informationssicherheit) erlassen, die bereits in nationales Recht umgesetzt wurde.[116] Des Weiteren verabschiedete das EU-Parlament Anfang 2019 die **Cybersecurity-Verordnung** (Cybersecurity Act)[117]. Ihr Ziel ist es, „für IKT-Produkte und -Dienste und -Prozesse in der Union ein angemessenes Maß an Cybersicherheit zu gewährleisten“.[118] Vorgesehen ist insbesondere die Einführung eines europäischen Systems zur Zertifizierung von Cybersicherheit mit einem entsprechenden europäischen Cybersicherheitszertifikat. Mit anderen Worten: Sobald ein Produkt, ein Dienst oder ein Prozess in Verbindung mit dem Internet steht, ist es zertifizierungsfähig. Jedoch ist bisher ist eine solche Zertifizierung

[109] Ebenso auch: Datenethikkommission der Bundesregierung (2019).
[110] Ebd., S. 20 (Nr. 15) und S. 22 f.
[111] Ebd., S. 18 ff.
[112] Ebd., S. 14.
[113] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2018, S. 91 f.
[114] Europäische Kommission, 2019a. Erwägungsgrund Nr. 1.
[115] Europäische Kommission, 2013.
[116] BMI (2017), Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie 2016/1148/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2016 über Maßnahmen zur Gewährleistung eines hohen gemeinsamen Sicherheitsniveaus von Netz- und Informationssystemen in der Union.
[117] Veröffentlichung steht noch aus, vgl. Europäisches Parlament, o.J.
[118] Art. 1 Abs. 1 b) 1. Hs. 1 Cybersecurityverordnung.

lediglich als freiwillige Maßnahme gedacht. Überlegungen bezüglich Pflichtzertifizierungen für konkrete Bereiche gibt allerdings es bereits.[119]

Weitere IT-Sicherheitsvorschriften finden sich beispielsweise in § 32 DS-GVO, § 22 BDSG und §§ 19 ff. MsbG. Für den Bereich kritischer Infrastrukturen kommen noch das BSI-Gesetz[120] mit der BSI-KritisV[121] sowie § 11 EnWG für den Sektor Energie in Betracht.

Lösungsmöglichkeiten liegen hier in einem ausreichenden Schutz der gefährdeten Informations- und Kommunikationstechnik. Neben der Abwehr eines Angriffs muss hier insbesondere im Bereich der Prävention vorgesorgt werden. Dies reicht von Maßnahmen bzgl. einer Hard- und Software auf dem aktuellen Stand der Technik bis hin zu einer durchgängigen Mitarbeiterschulung. In der Praxis wird die potenzielle Gefahr durch Cyberangriffe oft unterschätzt. Die Gefahren liegen hier beispielsweise im Ausspähen von Betriebsgeheimnissen und persönlichen Daten bis hin zur Behinderung oder nachhaltigen Schädigung von Betriebsabläufen. Daher bedarf es einer weitgehenden Bewusstseinsschaffung mit sämtlichen Akteuren in allen Bereichen und auf allen Ebenen der Digitalisierung der urbanen Energiewende, um diese sicher zu gestalten.

### 1.6.5 Administrativ-technische Hindernisse bei der Umsetzung des GDEW

Ein nicht zu unterschätzendes Hemmnis ist die **Verzögerung des Smart Meter Rollouts**. Im aktuellen Barometer zur Digitalisierung der Energiewende wird die mögliche Gefahr des Scheiterns der Energie- und Verkehrswende damit verknüpft.[122] Der verpflichtende Einbau von intelligenten Messsystemen hat aufgrund der fehlenden Zertifizierungen von Smart Meter Gateways noch nicht begonnen.[123] Parallel – und somit am GDEW vorbei – sind auf dem Markt bereits zahlreiche Alternativtechnologien verfügbar.[124] Diese erfüllen in der Regel nicht die strengen Anforderungen des BSI im Bereich des Datenschutzes und der Datensicherheit.[125]

Das Barometer benennt weiter, dass eine der Hauptproblematiken der Umsetzung darin liegt, dass die Digitalisierung als neue und komplexe Infrastruktur auch ein **neues Handeln und Denken** erfordere. Insbesondere müssten die verschiedenen Marktakteure und Behörden intensiv zusammenarbeiten, was bisher noch nicht im erforderlichen Umfang geschehe.[126] Die Bundesregierung, die das Barometer in Auftrag gegeben hat, konstatiert auf eine kleine Anfrage bezüglich der Verzögerung des Smart Meter-Rollouts, dass „die Entwicklung und Etablierung einer völlig neuen Technik, die höchsten Sicherheitsansprüchen genügt und leistungsfähig genug für die Herausforderungen der Energie- und Verkehrswende ist, ihre Zeit benötigt“. Des Weiteren zeigt sie sich offen für Möglichkeiten, die bestehenden Verfahren und Prozesse zu beschleunigen.[127] Es bleibt daher abzuwarten, inwiefern die Empfehlungen und Anmerkungen aus dem Barometer in die Verwaltungspraxis übernommen werden können.

Dafür beispielhaft ist das Hemmnis der nicht ausreichenden Verfügbarkeit von Telekommunikation.[128] Der EU-Gesetzgeber hat erkannt, dass insbesondere in den Bereichen Verkehr, Energie, Internet der Dinge (IoT), der Maschine-Maschine-Kommunikation und vernetzten Fahrzeugen ein Regelungsbedarf für die Nutzung von

[119] Kipker & Scholz, 2019.
[120] BSI-Gesetz (BSIG) vom 14. August 2009 (BGBl. I S. 2821), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23. Juni 2017(BGBl. I S. 1885) geändert worden ist.
[121] BSI-Kritisverordnung (BSI-KritisV) vom 22. April 2016 (BGBl. I S. 958), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 21. Juni 2017 (BGBl. I S. 1903) geändert worden ist EEG 2017.
[122] Ernst & Young GmbH, 2018, S. 7.
[123] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2019a.
[124] Ernst & Young GmbH, 2018, S. 8.
[125] Ebd. S. 13.
[126] Ebd. S. 6 f., 67.
[127] Deutscher Bundestag, 2018a.
[128] Ernst & Young GmbH, 2018, S. 11.

Funkfrequenzen durch alle elektronischen Kommunikationsnetze besteht.[129] Um eine komplette Abdeckung sicherzustellen, fehlt es national jedoch noch an einer Gesamtlösung.[130] Einen positiven Anstoß für den nationalen Gesetzgeber in diesem Bereich kann die neue EU-Richtlinie über den europäischen Kodex für die **elektronische Kommunikation**[131] aus dem Dezember 2018 liefern. Mit dieser Richtlinie soll ein rechtlicher Rahmen für die freie Bereitstellung elektronischer Kommunikationsnetze und -dienste etabliert werden.[132] Adressiert werden dabei elektronische Kommunikationsdienste, für die in der digitalen Wirtschaft Nutzerdaten auch einen Geldwert darstellen.[133]

Im Wege der Digitalisierung nimmt die elektronische Kommunikation stetig zu. Der technische Fortschritt zeigt sich im Alltag besonders im Rahmen des Internets der Dinge, insbesondere im Bereich des Smart Home, dem eine elektronische Kommunikation per Funksignal zugrunde liegt. Es ist daher wichtig, u.a. eine Frequenzverwaltung einzuführen, um die Einführung von drahtlosen Kommunikationstechnologien und -anwendungen strukturiert zu begleiten.[134] Ziel der Richtlinie ist insbesondere die Förderung des Wettbewerbs, des Binnenmarktes und der Interessen der Endnutzer.[135] Diesbezüglich bleibt abzuwarten, wie der deutsche Gesetzgeber diese Richtlinie in nationales Recht umsetzen wird.

[129] Richtlinie 2018/1972/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über den europäischen Kodex, Erwägungsgrund Nr. 12.
[130] Ernst & Young GmbH, 2018, S. 14 f.
[131] Richtlinie 2018/1972/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über den europäischen Kodex
[132] Ebd. Erwägungsgrund Nr. 5.
[133] Ebd. Erwägungsgrund Nr. 16.
[134] Richtlinie 2018/1972/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über den europäischen Kodex, Erwägungsgrund Nr. 30.
[135] Ebd. Erwägungsgrund Nr. 23.

# C2 Wärmeversorgung im urbanen Raum

## 2.1 Thema: Nutzung erneuerbarer Wärme

2018 lag der Anteil erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung bei rund 14 Prozent.[136] Neben der Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden muss der Anteil erneuerbarer Wärme signifikant erhöht werden, um die langfristigen Klimaziele zu erreichen. In urbanen Räumen sind dabei die Herausforderungen angesichts begrenzter Flächenpotenziale besonders groß. Dennoch müssen urbane Räume auch ihren Beitrag leisten. Nachfolgend wird erläutert, welche Lösungsmöglichkeiten zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Wärme bestehen.

### 2.1.1 Verpflichtung zum Einsatz erneuerbarer Energien in Neubauten

Regelungen zur Energieeffizienz und dem Einsatz erneuerbarer Energien im Wärmesektor finden sich in erster Linie im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)[137], dem Energieeinsparungsgesetz (EnEG)[138] und der Energieeinsparverordnung (EnEV)[139]. Diese Vorschriften verwenden allesamt den **Begriff der „erneuerbaren Energien**“, definieren ihn aber gesetzesspezifisch abweichend, sodass jeweils unterschiedliche Energieträger umfasst sind. Zudem gibt es keine Abgrenzung zum EEG, das den Begriff „erneuerbare Energien“ für Energieträger zur Erzeugung erneuerbaren Stroms verwendet.

Das EEWärmeG verpflichtet Eigentümer von Neubauten mit einer Nutzfläche von mehr als 50 Quadratmetern, ihren Wärmeenergiebedarf durch die anteilige Nutzung von erneuerbaren Energien zu decken, sogenannte **EE-Quote**, §§ 3 ff. EEWärmeG. § 2 Abs. 1 EEWärmeG normiert welche Wärmequellen als erneuerbare Energien in diesem Sinne anerkannt sind (Geothermie, Umweltwärme, solare Strahlungsenergie und Biomasse). Wärme, die durch den Einsatz von Strom aus Windenergie, Photovoltaik oder synthetischem Wasserstoff und synthetischem Methan erzeugt wird, ist nicht als erneuerbare Energie im EEWärmeG anerkannt. Diese Energieträger können deshalb nicht zur Erfüllung der Quote des EEWärmeG angerechnet werden, obwohl insbesondere mittels Elektrolyse aus erneuerbaren Energien stammender Strom hergestellter Wasserstoff großes Potenzial für die Dekarbonisierung des Wärmesektors birgt.

Bei der Nutzung strombasierter Wärmepumpen wird auf die „der Luft oder dem Wasser entnommene und technisch nutzbar gemachte Wärme mit Ausnahme von Abwärme“, sprich die Umweltwärme als erneuerbare Energie abgestellt und nicht nach der Qualität des in der Wärmepumpe eingesetzten Stroms differenziert, § 2 Abs. 1 EEWärmeG, § 2 Nr. 6 EnEV. Das gilt unabhängig davon, ob oder zu welchem Anteil es sich bei dem verbrauchten Strom um Strom aus erneuerbaren Energien handelt. Strom aus fossilen Energieträgern, der in Wärmepumpen eingesetzt wird, findet damit in gleichem Maße Berücksichtigung. Es wird somit kein Anreiz geschaffen, Strom aus erneuerbaren Energien in Wärmepumpen einzusetzen.

---

[136] Umweltbundesamt, 2019a, S. 11.
[137] Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz vom 7. August 2008 (BGBl. I S. 1658), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1722) geändert worden ist.
[138] Energieeinsparungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 1. September 2005 (BGBl. I S. 2684), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Juli 2013 (BGBl. I S. 2197) geändert worden ist.
[139] Energieeinsparverordnung vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 24. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1789) geändert worden ist.

Das EEWärmeG eröffnet Gebäudeeigentümern nach § 7 EEWärmeG alternativ zum Einsatz erneuerbarer Energien die Möglichkeit, geeignete **Ersatzmaßnahmen** zu ergreifen, um ihre Verpflichtung aus § 3 Abs. 1, 2 EEWärmeG zu erfüllen. Es werden hier der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Abwärme und Fernwärme zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs unter bestimmten Voraussetzungen und Maßnahmen zur Energieeinsparung angerechnet. Bei den Ersatzmaßnahmen liegt der Schwerpunkt auf einer möglichst effizienten Wärmeversorgung des jeweiligen Gebäudes.

Eine **einheitliche Definition** des Begriffs **„erneuerbare Wärme“** – auch in Abgrenzung zum Begriff des EEG – würde die Zugänglichkeit des Rechtsrahmens auch für Nicht-Experten verbessern und so die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle fördern. Dadurch kann der Einsatz von erneuerbaren Energien wirtschaftlicher werden, wodurch letztendlich die Notwendigkeit gesetzlicher Förderung zurückgehen könnte.[140] Dieser übergreifende Begriff sollte die **Qualität des eingesetzten Stroms** berücksichtigen und um Wasserstoff und Methan, die durch Elektrolyse aus Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt wurden, ergänzt werden.

### 2.1.2 Primärenergiefaktoren für Strom perspektivisch weiter anpassen

Die EnEV[141] stellt Anforderungen an die Energieeffizienz bei der Errichtung von Neubauten. Neu errichtete Wohngebäude dürfen gemäß § 3 Abs. 1 EnEV einen bestimmen Jahresprimärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung nicht überschreiten. Der Jahresprimärenergiebedarf eines Gebäudes wird unter Heranziehung des **Primärenergiefaktors (PEF)** ermittelt. Dies ist der Quotient aus Primärenergie und Endenergie und indiziert damit, wie effizient die Energiewandlung erfolgt. Für die Wärmeerzeugung durch KWK-Anlagen, aus solarer Strahlungsenergie sowie Umgebungswärme werden verhältnismäßig geringe PEF angesetzt.[142] **Strom** aus dem Netz der allgemeinen Versorgung erhält dagegen einen PEF von 1,8, unabhängig davon, wie hoch der Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtstrommix zum Strombezugszeitpunkt tatsächlich ist. Dieser wurde bereits 2016 von 2,4 abgesenkt, um den insgesamt gestiegenen Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtstrommix abzubilden.[143]

Zum einen sollte auch hier im Zeitverlauf **nachjustiert** werden und der PEF für Strom aus dem Netz der allgemeinen Versorgung abgesenkt werden, soweit sich der Anteil erneuerbarer Energien innerhalb des Netzes weiter erhöht. Zum anderen kann es sinnvoll sein, den PEF von Strom aus politischen Erwägungen heraus abzusenken, um den Ausbau strombasierter Wärmeversorgungstechnologien da voranzubringen, wo eine zentrale Fernwärmeversorgung oder eine andere effiziente und klimafreundliche Wärmeversorgung nicht ohne weiteres möglich ist. Um dennoch einen hohen Anteil erneuerbarer Energien zu gewährleisten, bietet es sich an, netz- und systemdienlich bezogene Strommengen bei der Berechnung des PEF sowohl für dezentrale Heizungsanlagen als auch zentrale Wärmeversorger für die Einspeisung ins Wärmenetz unberücksichtigt zu lassen, sodass dieser sich nicht negativ auf den Gesamt-PEF des eingesetzten Primärenergiemix auswirken kann. Den Nachweis für die Netz- und Systemdienlichkeit des eingesetzten Stroms kann der Stromnetzbetreiber erbringen. [144]

[140] Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2018a, S. 21.
[141] Die EnEV basiert auf der in § 1 Abs. 2 Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) enthaltenen Verordnungsermächtigung an die Bundesregierung mit Zustimmung des Bundesrates und konkretisiert insofern die Vorgaben des EnEG für die Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor.
[142] Vgl. Anlage 1 Nr. 2.1.1 EnEV; Hiernach liegt der PEF für eine KWK-Anlage, die zum Gebäude gehört, bei 0,7, für im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zum Gebäude gewonnen solare Strahlungsenergie und Umgebungswärme bei 0,0.
[143] Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste, 2017.
[144] vertiefend: Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2018a, S. 52, 69.

### 2.1.3 Nutzung erneuerbarer Energien bei der Wärmeversorgung in Bestandsbauten

Für Eigentümer von Bestandsbauten besteht eine **Verpflichtung zum Einsatz erneuerbarer Energien bei der Wärmeversorgung** in der Regel nicht, obwohl Bestandsbauten den weitaus größten Anteil an der Wohnbebauung ausmachen. Die meisten bundesrechtlichen Vorgaben für den Wärmesektor und die Energieeffizienzanforderungen an Gebäude sind auf Neubauten beschränkt. Die Länder haben nach § 3 Abs. 4 EEWärmeG aber die Möglichkeit, auch Bestandsgebäude einzubeziehen. Bisher hat jedoch nur Baden-Württemberg hiervon Gebrauch gemacht und eine Nutzungspflicht für erneuerbare Energien auch für Bestandsbauten eingeführt, vgl. § 4 Erneuerbare-Wärme-Gesetz des Landes **Baden-Württemberg** (EWärmeG-BW[145]). Sofern ein Austausch der Heizungsanlage erfolgt, müssen mindestens 15 Prozent des jährlichen Wärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt oder der Wärmeenergiebedarf um mindestens 15 Prozent reduziert werden. Es steht den übrigen Bundesländern frei, gleichfalls aktiv zu werden und entsprechende Vorschriften für den Bestand zu erlassen.

§ 10 EWärmeG-BW enthält die Möglichkeit für Bestandsgebäudeeigentümer, analog zum EEWärmeG auf Bundesebene für Neubauten, ihre anteilige Nutzungspflicht auch über die Ergreifung von Ersatzmaßnahmen zu erfüllen. Darunter fallen unter bestimmten Voraussetzungen u. a. der Einsatz hocheffizienter KWK-Anlagen, Fern- und Abwärme, die einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung der Wärmewende im Ballungsraum leisten können.

Eine Einbeziehung der Bestandsgebäude wirft die Frage nach der Finanzierung von Modernisierungen auf. Eigentümer werden mit erheblichen Investitionen belastet, die nicht von allen getragen werden können. Zusätzlich müssen ausreichend Anreize geschaffen werden, um die bisherige Zurückhaltung bei umfassenden energetischen Sanierungen zu überwinden und Bestandsgebäudeeigentümer zu Modernisierungen zu motivieren. Die Wirksamkeit der EWärmeG-BW-Regelung für den Einsatz erneuerbarer Wärme im Bestand sollte deshalb genau geprüft werden, bevor eine Übertragung des Ansatzes auf den Bund stattfindet.

### 2.1.4 Rechtssicherheit beim Gebäudeenergiegesetz schaffen

Ein erster Entwurf für ein „Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude“ (Gebäudeenergiegesetz: GEG-E) wurde bereits im Januar 2017 von den federführenden Ministerien vorgelegt, jedoch nicht mehr in der Legislaturperiode verabschiedet. Am 23.10.2019 ist ein neuer Entwurf für ein Gebäudeenergiegesetz[146] durch das Bundeskabinett verabschiedet worden. Ziel des Gesetzes ist die Zusammenführung und Harmonisierung von EnEG, EnEV und EEWärmeG sowie die Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie[147] in deutsches Recht. Insbesondere ist der energetische Standard eines Niedrigstenergiegebäudes für Neubauten festzuschreiben.[148]

Kritisiert wird an dem aktuellen Entwurf, dass das Gesetz eine verpasste Chance auf dem Weg zu einem klimaneutralen Gebäudebestand in Deutschland bis 2050 darstelle. Insbesondere die Aufnahme zahlreicher Ausnahmeregelungen für das im Klimakabinett beschlossene Verbot des Einbaus von Ölheizung und das Fehlen verschärfter Standards für öffentliche Gebäude führe dazu, dass die $CO_2$-Einsparungsziele im Gebäudesektor kaum erreicht werden könnten.[149]

---

[145] Erneuerbare-Wärme-Gesetz des Landes Baden-Württemberg vom 17. März 2015.
[146] abrufbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/gesetz-zur-vereinheitlichung-des-energieeinsparrechts-fuer-gebaeude-gebaeudeenergiegesetz.html.
[147] Richtlinie 2018/844/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz.
[148] Deutscher Bundestag, 2019b.
[149] Solarify, 2019.

Die bestehende **Uneinheitlichkeit des Rechtsrahmens** und die **zögerliche Einführung der neuen europäischen Energieeffizienzstandards** führen zu beträchtlicher **Rechtsunsicherheit** bei den potenziellen Adressaten der Normen und hemmen somit eine Umsetzung der Standards in der Praxis. Um Investitions- und Planungssicherheit zu gewährleisten, ist eine **schnelle und umfassende legislative Umsetzung internationaler, europäischer und nationaler Klimaschutzvorgaben in das Gebäudeeinsparrecht** zwingend erforderlich.

# 2.2 Thema: Energetische Sanierung des Gebäudebestands

## 2.2.1 Geringe Sanierungsquote und Modernisierung der Wärmeversorgung

Um die Klimaschutzziele im Gebäudesektor zu erreichen, darf der Fokus nicht nur auf Neubauten liegen. Vielmehr sind vermehrte Anstrengungen zur Dekarbonisierung im Bereich der Bestandsgebäude notwendig. Die **Sanierungsquote im Bestandsgebäudesektor** liegt jedoch nach wie vor bei unter 1 Prozent.[150] Um die Energieeffizienzpotenziale auszuschöpfen und den Gebäudebestand, wie von der Bundesregierung geplant, bis zum Jahr 2050 nahezu klimaneutral auszugestalten, bedarf es einer erheblichen Steigerung der Sanierungsrate. Allerdings gibt es für Bestandsbauten keine Pflicht zur Sanierung. Die EnEV enthält lediglich Effizienzanforderungen für den Fall, dass ein Gebäude ohnehin saniert wird.

Ein Instrument zur Förderung der Sanierung von Bestandsgebäuden können sog. gebäudeindividuelle **Sanierungsfahrpläne** darstellen (vgl. § 1 Abs. 1 Satz 3 EnEV). Diese werden von Energieberatern erstellt und beinhalten mögliche und ggf. notwendige energetische Sanierungsmaßnahmen innerhalb eines strukturierten Zeitplanes. Im günstigsten Falle erhalten Hauseigentümer damit eine langfristige Sanierungsperspektive und -motivation.[151]

Auf landesrechtlicher Ebene hat Baden-Württemberg bereits die Möglichkeit geschaffen, die Erstellung eines Sanierungsfahrplanes bei der Erfüllung der EE-Nutzungspflichten von Gebäudeeigentümern nach § 4 i. V. m. § 9 EWärmeG-BW anteilig anrechnen zu lassen.[152] In Berlin besteht zumindest für bestimmte öffentliche Gebäude die Verpflichtung, einen Sanierungsfahrplan aufzustellen, § 8 Abs. 3 Berliner Energiewendegesetz (EWG Bln).[153] Aus den einmal erstellten Plänen ergeben sich jedoch keine Verpflichtungen für den Hauseigentümer, den Sanierungsfahrplan auch tatsächlich umzusetzen. Eine **verstärkte Förderung der termingerechten und vollständigen Umsetzung von Maßnahmen** aus dem Sanierungsfahrplan kann einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Sanierungsrate leisten, zum Beispiel indem eine finanzielle Förderung an die Umsetzung des Plans gekoppelt wird und mit zunehmendem Umsetzungsgrad ansteigt.[154]

Der **öffentlichen Hand** kommt bei der Umsetzung energetischer Sanierungen eine beachtliche **Vorbildfunktion** zu. Deshalb ist es wichtig, dass für öffentliche Gebäude ambitionierte Vorgaben für die Sanierung gemacht werden.[155] Auch einzelne Kommunen, Länder sowie der Bund haben schon Sanierungsfahrpläne für ihre Gebäudeportfolios erstellt. Allerdings werden diese Sanierungsfahrpläne in vielen Fällen noch nicht konsequent

[150] Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2019a.
[151] Deutsche Energie-Agentur GmbH/Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2018, S. 27 f.
[152] Vgl. §§ 4 Abs. 1, 6 Abs. 2, 20 Abs. 4 EWärmeG-BW.
[153] Berliner Energiewendegesetz (EWG Bln) verkündet als Artikel 1 des Gesetzes zur Umsetzung der Energiewende und zur Förderung des Klimaschutzes in Berlin vom 22. März 2016 (GVBl. S. 122), geändert durch Gesetz vom 26.10.2017 (GVBl. S. 548).
[154] Nyomen, Graf, Niemann, Sendler, & Kunde, 2017.
[155] Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH/Thüringer Energie- und GreenTech-Argentur, 2011, S. 23.

genug umgesetzt und damit die Vorbildfunktion noch nicht ausreichend wahrgenommen. Sowohl der Standard als auch die Anzahl der Gebäudesanierungen müssen dringend steigen.

Hinzu kommt, dass für eine Steigerung der Sanierungsquote **mehr Fachkräfte** im Handwerk der betroffenen Gewerke notwendig sind. Sinnvoll erscheint es, das Handwerk entsprechend zu fördern und diese Ausbildungsberufe für junge Menschen attraktiver zu machen. Ein möglicher Ansatz wäre ein Mindestlohn für Auszubildende. Ein weiterer Ansatz ist das serielle Sanieren (Energiesprong-Prinzip)[156], bei dem die gleiche Anzahl Fachkräfte eine höhere Anzahl von energetischen Sanierungen umsetzen kann. Sowohl bei der individuellen Sanierung als auch beim seriellen Sanieren sind die Einhaltung der geplanten Einsparungen durch Qualitätssicherungsmaßnahmen zu gewährleisten.

### 2.2.2 Energetische Sanierungen im Steuerrecht

Für Eigentümer von Bestandsbauten gibt es bisher kaum steuerliche Anreize für umfassende energetische Sanierungen. Aus steuerrechtlicher Sicht können Vermieter oder Gewerbetreibende viele Investitionen nur über einen Zeitraum von 50 Jahren über die Absetzung für Abnutzung (AfA) im Rahmen der Einkommens- oder Körperschaftssteuer geltend machen. Damit wird jedoch das Steueraufkommen von Eigentümern nur geringfügig gesenkt und die volle Abschreibungszeit ist in vielen Fällen länger als die verbleibende Lebenserwartung der Eigentümer.[157] Die Möglichkeiten von Eigentümern selbstgenutzter Immobilien, Sanierungskosten steuerlich geltend zu machen, sind noch eingeschränkter.

Die **steuerliche Förderung energetischer Gebäudesanierungen** ist im aktuellen Koalitionsvertrag zum wiederholten Male vorgesehen[158], wurde bisher jedoch nicht umgesetzt. Im April 2019 haben die Landesregierungen von Bayern und Nordrhein-Westfalen ein Eckpunktepapier mit konkreten Fördermaßnahmen in Berlin vorgelegt.[159] Die Steuerförderung ist eines der Themen der Bundesregierung bei den Überlegungen zur Erreichung der Klimaziele im Jahr 2030 und Gegenstand der Beratungen im Klimakabinett.

Um die Abschreibung energetischer Sanierungen attraktiver zu gestalten, wäre es beispielsweise denkbar, die Möglichkeit der steuerlichen Absetzbarkeit auf alle Gebäudeeigentümer auszuweiten, den **Abschreibungszeitraum** auf zehn Jahre zu **verkürzen** und eine jährliche Absetzung von 10 Prozent der Investitionssumme zu ermöglichen. Die Absetzung könnte an das Erreichen bestimmter Sanierungsstandards geknüpft werden.[160] Durch die Verkürzung des Abschreibungszeitraumes können wertvolle Anreize für Vermieter und die gesamte Wohnungswirtschaft gesetzt werden.

### 2.2.3 Sanierung vermieteten Wohnraums

Für Eigentümer vermieteten Wohnraums bestehen insbesondere bei lokal hoher Nachfrage nach Mietwohnungen nahezu keine Anreize in energetische Modernisierungen zu investieren, da ihnen kaum wirtschaftliche Vorteile daraus entstehen würden. Von reduzierten Nebenkosten profitieren zunächst die Mieter, während die Vermieter die Kosten für die Modernisierung aufbringen müssen. Unterlässt ein Vermieter daher energetische Maßnahmen, ist dies für ihn nicht nachteilig, denn die weiterhin mangels Sanierung höheren Betriebskosten

[156] Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2019b.
[157] Institut der deutschen Wirtschaft, 2018, S. 2.
[158] CDU/CSU/SPD, 2018, S. 114.
[159] Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019.
[160] Deutscher Bundestag, 2011. Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019.

stellen für ihn nur Durchlaufkosten dar. Dieses sogenannte **Mieter-Vermieter-Dilemma** hemmt die Sanierung und Modernisierung von vermietetem Wohnraum erheblich.[161]

Möchte der Vermieter die Sanierungsinvestition über die Miete erwirtschaften, hat er die Möglichkeit, die Miete gemäß § 558 BGB bis auf die Höhe der ortsüblichen Vergleichsmiete zu erhöhen. Die Erhöhung ist auf maximal 20 % in drei Jahren beschränkt. Alternativ kann er gemäß § 559 BGB die jährliche Miete um 8 % der für die jeweilige Wohnung aufgewendeten Kosten für Modernisierungsmaßnahmen im Sinne von § 555b BGB erhöhen (Modernisierungsumlage). Beide Möglichkeiten bestehen grundsätzlich nebeneinander. Möchte der Vermieter sowohl die Miete erhöhen als auch die Modernisierungsumlage auf die Mieter umlegen, ist zu beachten, dass die Modernisierungsumlage auf die Grundmiete addiert wird.[162] Das bedeutet, dass der Vermieter in diesem Fall die Miete auch nur bis zur ortsüblichen Vergleichsmiete erhöhen kann. Modernisierungen würden ihm daher nur in Gebieten, in denen die Vergleichsmiete nur gering ansteigt und daher die Modernisierungskosten unabhängig von der Höhe der ortsüblichen Vergleichsmiete über die Modernisierungsumlage auf den Mieter umlegbar sind oder in Gebieten, in denen eine energetische Sanierung ein entscheidendes Wertmerkmal ist (sog. energetischer Mietspiegel), einen wirtschaftlichen Vorteil bringen.[163] Beides ist jedoch in vielen Fällen nicht der Fall, da zum einen die ortsübliche Vergleichsmiete in den Großstädten aufgrund der Wohnungsknappheit üblicherweise hoch ausfällt und zum anderen potenzielle Mieter aufgrund der Konkurrenzsituation bei der Wohnungssuche die energetische Qualität einer Wohnung häufig nicht als Kriterium bei der Wohnungsauswahl berücksichtigen können. Es bestehen somit für die Vermieter wenige Anreize für eine energetische Sanierung.

Aufgrund der gegensätzlichen Interessenslagen der beteiligten Akteure und des hohen finanziellen Aufwandes ist es schwer, einen **gerechten Ausgleich** zu finden, der dem Vermieter eine Refinanzierung seiner Investitionen ermöglicht, ohne den Mieter dabei unangemessen zu belasten. Eine mögliche Lösung ist eine anteilige Beteiligung des Mieters an den Kosten der energetischen Modernisierung mittels eines Mietzuschlags auf die Kaltmiete, der an die voraussichtliche Ersparnis des Mieters bei den Betriebskosten gekoppelt ist. Der Vermieter hätte so die Möglichkeit, seine Investition (teilweise) zu refinanzieren und für den Mieter entstehen in der Summe keine höheren Kosten, da auf die eingesparten Betriebskosten und nicht die Investitionskosten des Eigentümers abgestellt wird (Warmmietenneutralität).[164] Einen Ansatz hierfür bietet der sogenannte „ökologische Mietspiegel“, ein um das Merkmal „wärmetechnische Beschaffenheit“ erweiterter Mietspiegel, der seit 2003 in Darmstadt und seitdem in immer mehr Städten zur Anwendung kommt.

# 2.3 Thema: Fördermaßnahmen im Wärmesektor

## 2.3.1 Hohe Wärmegestehungskosten

Die Gestehungskosten für Wärme aus erneuerbaren Energien sind im Vergleich zur Wärmeerzeugung aus fossilen Energieträgern sehr hoch. Die in Kapitel 5 beschriebenen Konzepte zur Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien im urbanen Raum sind entsprechend größtenteils unter den derzeitigen Bedingungen noch nicht wirtschaftlich umsetzbar (vgl. Abbildung ).

[161] Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2018a, S. 32. Klinski, S., 2010, S. 284.
[162] BGH, NJW 2008, 849.
[163] Klinski, S., 2010, S. 286.
[164] Ebd., S. 289.

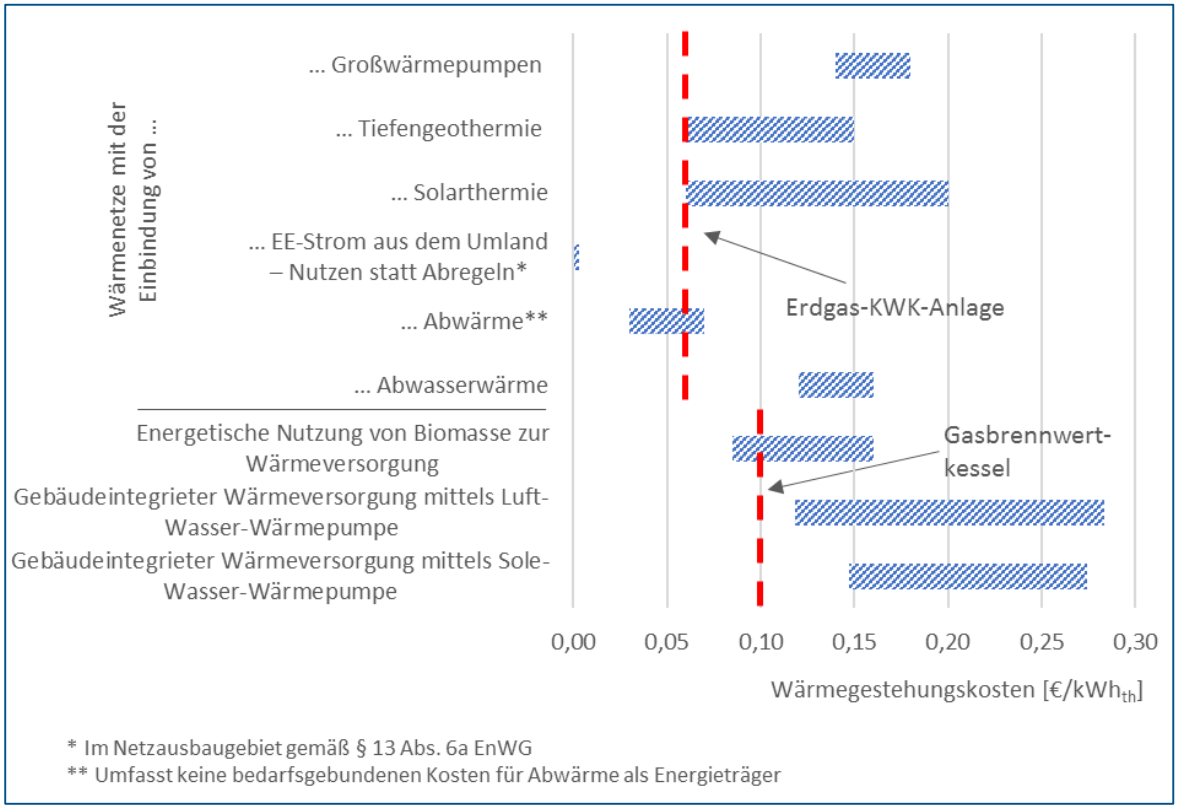



Abbildung 27: Gegenüberstellung von Wärmegestehungskosten
Quelle: Eigene Darstellung BBHC; für Berechnungen bzw. Recherche vgl. Teil B sowie IER[165] und AGFW[166]

Hintergrund sind zum einen die teilweise sehr **hohen Investitionen** für die Anschaffung der Wärmeerzeuger und zum anderen, die im Vergleich zu konventionellen Technologien hohen bedarfsgebundenen Kosten, beispielsweise für elektrische Energie bei Wärmepumpen, vgl. Kapitel 1.3). Es wird jedoch auch verdeutlicht, dass gegenwärtig vereinzelt bereits konkurrenzfähige Produkte auf dem Markt verfügbar sind. Wobei eine wirtschaftliche Umsetzung dieser fallabhängig genau zu prüfen ist.

Es gibt eine Vielzahl von technologiespezifischen Investitionsförderungen, insbesondere seitens des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und der KfW-Bank. Beispielsweise wird der Einsatz von Wärmepumpen in Privathaushalten und Unternehmen seitens des BAFA mit Investitionszuschüssen (im Rahmen des sog. Marktanreizprogramms – MAP) von bis zu 11.000 Euro sowohl im Bestand[167] als auch im Neubau[168] gefördert. Die KfW stellt zinsgünstige Kredite für die Umstellung der Heizung auf erneuerbare Energien bereit[169], die mit der BAFA Förderung kumulierbar sind. Die Förderungen beziehen sich jedoch ausschließlich auf die Anlagenerrichtung. Der fortlaufende Betrieb wird nicht gefördert oder privilegiert.

Um die Wettbewerbsposition von Wärme aus erneuerbaren Energien und innovativer Technologien gegenüber der konventionellen Wärmebereitstellung zu verbessern, ist eine wirksame **Bepreisung von $CO_2$-Emissionen im Gebäudesektor** dringend erforderlich. **Übersichtliche und gezielte Förderprogramme** für emissionsarme Heiztechnologien, die nicht nur die Investition, sondern auch den Betrieb der Anlagen bzw. der Infra-

[165] Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart.
[166] AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., 2013.
[167] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2019a.
[168] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2019b.
[169] KfW Bankengruppe, o. J.

strukturen umfassen, sollten eine $CO_2$-Bepreisung flankieren, bis die Technologien eigenständig im Wettbewerb bestehen können. Wichtig ist die Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit anderen denkbaren Maßnahmen, wie einer etwaigen Anpassung von Abgaben und Umlagen für den Strombezug.

### 2.3.2 Förderungen von KWK-Anlagen

Durch das im Dezember 2018 verabschiedete Energiesammelgesetz[170] wurde die **Förderung von KWK-Anlagen, Wärmenetzen und -speichern** durch das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG)[171] zunächst um weitere drei Jahre **bis 2025** (vgl. §§ 6 Abs. 1 Nr. 1c, 18 Abs. 1 Nr. 1b, 22 Abs. 1 Nr. 1b KWKG) verlängert, steht jedoch gemäß § 35 Abs. 18 KWKG noch unter dem Vorbehalt der beihilferechtlichen Genehmigung durch die Europäische Kommission. Die Frage, ob das KWKG infolge des EuGH Urteils zum EEG[172] weiterhin überhaupt als Beihilfe einzustufen ist, ist bis dato noch ungeklärt. Die Notifizierung der Verlängerung im Rahmen des Energiesammelgesetzes wurde vorerst bis zu einer abschließenden Prüfung durch die Bundesregierung ausgesetzt.[173] Für KWK-Investitionen für die Zeit von 2023 bis 2025 besteht deshalb noch keine Rechtssicherheit.

Weitere Unsicherheit ergibt sich für die Jahre nach 2025 aufgrund der geplanten Überprüfung des Förderbedarfs von KWK-Anlagen vor Ablauf der nächsten Förderperiode 2025.[174] Einerseits entsteht mit diesem Zeitplan eine gewisse Investitionsunsicherheit für Investoren. Andererseits wird dadurch aber auch die Möglichkeit geschaffen, die Notwendigkeit der Förderung insbesondere von Gas-KWK innerhalb eines überschaubaren Zeitraums zu überprüfen und rechtzeitig Maßnahmen für den gesteigerten Einsatz erneuerbarer Energieträger in KWK-Anlagen zu ergreifen.

Derzeit stammen noch etwa 80 Prozent der Energie in Fernwärmenetzen aus Kohle- oder Gas-KWK.[175] Ziel der KWKG-Förderung ist primär die Verbesserung der Primärenergieeffizienz durch die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung. Entsprechend stehen nach der derzeitigen Rechtslage im Wesentlichen Effizienzkriterien und nicht der Einsatz erneuerbarer Energien im Fokus.[176] Werden allerdings in einer KWK-Anlage ausschließlich erneuerbare Energien im Sinne des EEG eingesetzt, besteht bereits jetzt ein Anspruch auf eine ggf. höhere Förderung nach § 19 EEG 2017. Wegen des Doppelbegünstigungsverbots des § 1 Abs. 3 KWKG kann daneben aber die Förderung nach dem KWKG nicht mehr in Anspruch genommen werden. Dennoch kann situationsspezifisch ein Anreiz für Anlagenbetreiber bestehen, möglichst umfassend auf erneuerbare Energien umzustellen, um so eine höhere Förderung nach dem EEG 2017, statt nach dem KWKG zu erhalten.

Ein erster Schritt für die **Reduzierung des Einsatzes von fossilen Brennstoffen in KWK-Anlagen** wurde bereits 2016 vollzogen, als kohlebetriebene KWK-Anlagen für die Zukunft aus der Förderung herausgenommen wurden, § 6 Abs. 1 Nr. 2 KWKG. Um die Energiewende im urbanen Raum umzusetzen, muss langfristig auch der Einsatz fossilen Gases für den Betrieb von KWK-Anlagen reduziert und schrittweise durch erneuerbare Energien bzw. erneuerbare Brennstoffe ersetzt werden. Die Förderung nach dem KWKG könnte dementsprechend zukünftig an den anteiligen Einsatz erneuerbarer Energien und/oder Abwärme geknüpft werden, um insbesondere im Fernwärmebereich die Dekarbonisierung voranzutreiben. Alternativ kann die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien sowie von Abwärme in den Wärmenetzen auch über das Basis-Programm (siehe dazu

[170] Gesetz zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes, des Energiewirtschaftsgesetzes und weiterer energierechtlicher Vorschriften vom 17. Dezember 2018.
[171] Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 21. Dezember 2015 (BGBl. I S. 2498), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.
[172] EuGH, Urt. v. 28.03.2019, Az. C-405/16 P.
[173] Kleine Anfrage der Abgeordneten Reinhard Huben, Michael Theurer, Thomas L. Kemmerich, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FPD betr.: „Zukunft der Fernwärme in Nordrhein-Westfalen" BT-Drucksache: 1919941 vom 22.05.2019, S. 8. Deutscher Bundestag (2019), Drucksache 19/10476, S. 6.
[174] Berkel, M., 2018.
[175] Öko-Institut e.V., 2018a, S. 23.
[176] Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V., 2018a, S. 40 f.

Kapitel 0) statt über das KWKG unterstützt werden. Dieser Prozentsatz sollte sodann schrittweise erhöht werden. Für eine Übergangszeit kann die Fortführung und ggf. der Ausbau von Förderinstrumenten für die Umstellung auf andere Einsatzstoffe als Kohle sinnvoll sein, wie der bereits bestehende Anspruch auf Förderung bei einer sukzessiven blockweisen Abkehr vom Kohleeinsatz in KWK-Anlagen, § 6 Abs. 1a KWKG sowie § 7 Abs. 2 KWKG (Kohleersatzbonus). Insbesondere über eine Erhöhung des Kohleersatzbonus könnte ein schnellerer Ausstieg aus der Kohle in der KWK-Erzeugung erreicht werden. Entsprechend könnte auch die Umstellung auf den **Einsatz erneuerbarer Energieträger gefördert** bzw. langfristig der Einsatz von erneuerbaren Energien zur Voraussetzung für die KWKG-Förderung gemacht werden.

### 2.3.3 Förderung Wärmenetze und Wärmespeicher

Wärmenetze bilden die Grundlage für zentrale Wärmeversorgungskonzepte. Deshalb wird auch die Errichtung neuer Wärmenetze über das KWKG grundsätzlich gefördert, wenn die Inbetriebnahme vor dem 31. Dezember 2025 erfolgt.[177] Gefördert werden der **Neu- und Ausbau** von Wärmenetzen, sowie **Netzverstärkungsmaßnahmen**, wenn sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Nach **§ 18 Abs. 1 Nr. 2 KWKG** muss dafür die Versorgung der angeschlossenen Abnehmer innerhalb von 36 Monaten zu mindestens 75 Prozent mit Wärme aus KWK-Anlagen oder zu mindestens 50 Prozent aus einer Kombination von Wärme aus KWK-Anlagen (min. 25 Prozent), Wärme aus erneuerbaren Energien oder industrieller Abwärme erfolgen. Außerdem gefördert wird der **Zusammenschluss** bestehender Wärmenetze, die **Anbindung einer KWK-Anlage** an ein bestehendes Wärmenetz sowie der Umbau für die **Umstellung** von Heizdampf auf Heizwasser (vgl. § 18 Abs. 4 KWKG), jedoch nur unter der Bedingung der Erhöhung der transportierbaren Wärmemenge um mindestens 50 Prozent im betreffenden Trassenabschnitt. Fördergeber ist das **BAFA** und die Förderhöhe ist für Wärmeleitungen mit 100 mm Durchmesser auf 100 Euro je laufenden Meter, jedoch nicht mehr als 40 % der ansatzfähigen Investitionskosten festgelegt, § 19 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 KWKG. Für Leitungen mit einem Durchmesser über 100 mm werden 30 Prozent der ansatzfähigen Investitionskosten erstattet, § 19 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 KWKG. Insgesamt darf die Förderung nicht mehr als 20 Millionen Euro pro Projekt betragen.

Bei der Wärmenetzförderung liegt der Schwerpunkt nach wie vor beim Aus- und nicht beim Umbau der Wärmenetze im Rahmen der Transformation hin zu erneuerbaren Energien. Hier muss mit der anstehenden KWKG-Novelle dringend nachgebessert werden. Insbesondere kann es problematisch sein, die Auszahlung der Förderung bei Netzumstellung pauschal an die Erhöhung der Transportnetzkapazität zu knüpfen, wohingegen der eigentliche Zweck und Nutzen dieser Umstell- und Umbaumaßnahmen in der Erneuerbaren-Einspeisung liegt. Dies betrifft besonders Maßnahmen zur Dampfnetzumstellung, zur Temperaturabsenkung sowie zur Anpassung der Wärmenetzinfrastruktur an veränderte Erzeugungsströme. Im Rahmen einer KWKG-Novellierung sollte die Quote zur Transportnetzkapazitätserhöhung deshalb einer umfassenden Prüfung unterzogen und ggf. entsprechend angepasst werden.

Zudem ist eine Gleichstellung erneuerbarer Wärme mit KWK-Wärme anzustreben. Im Zuge der Wärmewende werden immer höhere Anteile erneuerbarer Wärme in den Wärmenetzen enthalten sein. Umgekehrt wird der Anteil an KWK-Wärme entsprechend sinken. Es darf zu keiner Benachteiligung von Fernwärmeversorgern kommen, die die Wärmewende überdurchschnittlich schnell erfüllen. Dies wäre jedoch nach aktueller Gesetzeslage der Fall, wenn in Netzen mit hohen Erneuerbaren-Anteilen das KWK-Kriterium nach §18 Abs. 2 KWKG nicht mehr erfüllt wird. Es ist daher eine vollkommene Gleichstellung von erneuerbarer Wärme mit KWK-Wärme hinsichtlich der Effizienzkriterien des KWKG nach § 18 Abs. 1 und 2 KWKG erforderlich.

[177] Unter der Voraussetzung der beihilferechtlichen Genehmigung der Europäischen Kommission gem. § 35 Abs. 18 KWKG.

Darüber hinaus sollte die Netzanbindung von Erneuerbare-Energien-Wärmeerzeugungsanlagen analog zu KWK-Anlagen gefördert werden. Der Bau von Transportnetzen zur Anbindung neuer Erneuerbare-Energien-Wärmeerzeugungsanlagen an das Wärmenetz ist über das KWKG nicht förderfähig, da hier die Anforderung des Anschlusses einer KWK-Anlage besteht. Die Förderung sollte entsprechend auf Erneuerbare-Energien-Wärmeerzeugungsanlagen erweitert werden.

Die entsprechenden Anpassungen und Eingliederungen in die gesetzliche Fördersystematik obliegen dem Gesetzgeber.

Auch die **KfW-Bank** und das **BMWi** fördern im Rahmen des ***Marktanreizprogramms für erneuerbare Energien im Wärmemarkt* (MAP)** die **Errichtung** und **Erweiterung von Wärmenetzen** durch zinsgünstige Darlehen und Tilgungszuschüsse in Höhe von 60 Euro pro neu gebauten Leitungsmeter. Antragsberechtigt sind Unternehmen, Privatpersonen, Freiberufler, Landwirte, Kommunen und gemeinnützige Antragsteller und Genossenschaften. Voraussetzung für den Erhalt der Förderung ist, dass die verteilte Wärme zu mindestens 50 Prozent bzw. bei Neubauten zu 60 Prozent aus erneuerbaren Energien oder Abwärme besteht oder aus Wärmepumpen stammt, sofern das Wärmenetz im Mittel über das gesamte Netz einen Mindestwärmeabsatz von 500 Kilowattstunden pro Jahr und Meter Trasse aufweist. Zusätzlich können die Investitionen von Wärmenetzbetreibern für **Hausübergabestationen von Bestandsgebäuden** mit 1.800 Euro gefördert werden, soweit kein Anschluss- und Benutzungszwang besteht. Der Förderhöchstbetrag beträgt 1 Million Euro bzw. 1,5 Millionen Euro bei einer Einspeisung von Wärme aus Tiefengeothermieanlagen. Die Teilnahme am MAP ist bei einer möglichen Förderung nach dem KWKG grundsätzlich ausgeschlossen.[178]

Die **KfW** vergibt im Rahmen des Programms ***IKU (Investitionskredit Kommunale Unternehmen) – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung*** außerdem zinsgünstige Kredite für den **Neu- und Ausbau sowie die Modernisierung von Wärmenetzen zur Wärmeversorgung im Quartier.** Zusätzlich können auch die **erforderlichen Anschlüsse** und **Übergabestationen** unter bestimmten Voraussetzungen mitgefördert werden. Ziel der Förderung ist die Entwicklung und Umsetzung integrierter Quartierskonzepte, die im Einklang mit den Zielen der Stadt- und Stadtteilentwicklung stehen. Antragsberechtigt sind kommunale Unternehmen, alle gemeinnützigen Organisationsformen, Körperschaften des öffentlichen Rechts, sowie Unternehmen und Privatpersonen, sofern sie Investitionen in die kommunale und soziale Infrastruktur vornehmen und diese von einer kommunalen Rechtspersönlichkeit genutzt wird. Bei Einhalten der technischen Mindestvoraussetzungen und nach Durchführung der Investition ist ein Tilgungszuschuss in Höhe von maximal 5 Prozent des Zusagebetrages möglich. Auch im Rahmen dieses Programms ist eine gleichzeitige Förderung derselben Ausgaben nach dem KWKG ausgeschlossen.[179]

Das **BMWi** hat darüber hinaus das Förderprogramm ***Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0*** ins Leben gerufen. Ziel ist die Realisierung eines **Wärmenetzsystems 4.0** durch **Neubau** oder **Transformation eines Netzes** oder eines räumlich abgrenzbaren Teilbereichs eines bereits bestehenden Wärmenetzes („Teilnetz"). Hierfür werden Investitionszuschüsse vergeben. Die Wärmenetze der 4. Generation sollen durch einen hohen Anteil erneuerbarer Energien sowie Abwärme unterschiedlicher Quellen gespeist werden. Mit 20 bis 95 Grad Celsius liegt das Temperaturniveau deutlich unter dem konventioneller Wärmenetze. Zwar ist das Förderprogramm im Sinne einer Förderung von Fernwärmesystemen mit hohen Erneuerbaren-Anteilen sehr zu begrüßen. Jedoch schließt das Programm erneuerbare Wärmequellen mit naturgemäß höherem Temperaturniveau – wie die Tiefengeothermie – aus. Die Förderkriterien sollten im Programm Wärmenetze 4.0 entsprechend überar-

[178] KfW Bankengruppe, 2019a.
[179] KfW Bankengruppe, 2019b.

beitet oder alternativ im Basisprogramm die Förderung von Geothermie auf höherem Temperaturniveau berücksichtigt werden. Mithilfe solcher innovativer Wärmenetze sollen in Zukunft historische Stadtkerne oder schwer dämmbare Gebäude in Ortskernen mit $CO_2$-armer Wärme versorgt werden können.[180] Die Förderung erfolgt dabei in **zwei Schritten** und wird ebenfalls vom BAFA ausgegeben. Zunächst besteht die Möglichkeit, einen Antrag auf Förderung einer **Machbarkeitsstudie** zu stellen. Dabei sind bis zu 60 Prozent der anfallenden Kosten förderfähig, maximal jedoch 600.000 Euro. Im zweiten Schritt fördert das Programm **Ausgaben für Wärmenetze**, wie zum Beispiel für Rohrleitungen (inklusive Wärmedämmung), Erd- und Verlegearbeiten (inklusive Versiegelung der Oberflächen nach Verlegung), Pumpen, Mess-, Steuer- und Regeltechnik für Betrieb, Steuerung und Monitoring des Netzes sowie für Wärmeüberträger. Der Zuschuss kann bis zu 50 Prozent der förderfähigen Ausgaben betragen, maximal jedoch 15 Millionen Euro. Die Grundförderung für ein solches experimentelles Entwicklungsvorhaben beträgt 20 Prozent bzw. 30 Prozent der förderfähigen Ausgaben, falls ein kleines oder mittleres Unternehmen (KMU) den Antrag stellt. Einzelkomponenten, die sich noch in der industriellen Forschung befinden, können bis zu 75 Prozent gefördert werden und vorbereitende **Kommunikations- und Informationsmaßnahmen** sogar bis zu 80 Prozent der förderfähigen Ausgaben, jedoch höchstens bis zu 200.000 Euro. Bei **Kooperationen mit wissenschaftlichen Institutionen** können bis zu 100 Prozent der Ausgaben bis maximal 1 Million Euro gefördert werden. Antragsberechtigt sind Unternehmen, kommunale Betriebe und Zweckverbände, eingetragene Vereine und Genossenschaften und unter bestimmten Voraussetzungen Konsortien und Contractoren. Die Zuwendung ist nicht mit der Förderung nach dem KWKG für dieselben förderfähigen Ausgaben kumulierbar.[181]

Einen großen Beitrag zum Umbau der Wärmenetze zur zunehmend klimaneutralen Versorgung kann das von der Bundesregierung für Anfang 2020 geplante **neue Basis-Programm** leisten, dass die Förderung gebäudeübergreifender Investitionen zur Versorgung von Gebäuden, Anlagen oder Prozessen mit Wärme oder Kälte zum Ziel hat. Insbesondere sollen dadurch Wärmenetze, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden, adressiert werden.[182] Das Basis-Programm sollte sowohl die notwendigen Anpassungen im Förderrahmen für den Umbau der Wärmenetze als auch eine gezielte Förderung erneuerbarer Fernwärme-Technologien (Tiefengeothermie, Solarthermie, Biomasse) – sofern diese nicht schon vom Förderprogramm Wärmenetze 4.0 erfasst werden – über das Marktanreizprogramm enthalten. Auch durch die **Nationale Klimaschutzinitiative** können netzrelevante Aspekte gefördert werden. Außerdem existieren zahlreiche **Fördermöglichkeiten auf Länder- und Kommunalebene**.[183]

Mit zunehmendem Einsatz von Technologien, wie Solarthermieanlagen oder stromnetzdienlich eingesetzten Wärmepumpen, die im Bedarfsfall nicht kontinuierlich Wärme bereitstellen können, steigt auch die Bedeutung von **Wärmespeichern**.[184] Für den Neubau eines Wärmespeichers haben die Betreiber gegenüber dem ÜNB einen Anspruch auf Zahlung eines Zuschusses gemäß **§ 22 Abs. 1 KWKG**, wenn die Inbetriebnahme vor dem 31. Dezember 2025 erfolgt und die Wärme überwiegend, also zu mehr als 50 Prozent aus KWK-Anlagen stammt, die an das Netz der allgemeinen Versorgung angeschlossen sind und in dieses Netz einspeisen können. Alternativ kann die Wärme nach § 22 Abs. 2 KWKG auch durch industrielle Abwärme oder Wärme aus erneuerbaren Energien ersetzt werden, soweit ein Mindestanteil an KWK-Wärme von 25 Prozent nicht unterschritten wird. Daneben gibt es weitere Förderprogramme auch für Wärmespeicher, u. a. die Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms für die Errichtung und/oder Erweiterung von Wärmespeichern über 10

[180] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2019b.
[181] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2018.
[182] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017, S. 10.
[183] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH/adelphi consult GmbH/Ecofys Germany GmbH/PricewaterhouseCoopers GmbH/Agentur für Erneuerbare Energien, 2017, S. 116 f.
[184] Schäfer-Stradowsky/Doderer in: Assmann & Peiffer, 2018. §§ 18 ff. KWKG.

Kubikmeter (sofern die Wärmespeicher überwiegend aus erneuerbaren Energien gespeist und bestimmte Qualitätskriterien eingehalten werden).[185]

Insgesamt ist die **Systematik** für Maßnahmen zur Förderung von Wärmenetzen und -speichern relativ **unübersichtlich** und häufig **mit langen Antragsbearbeitungszeiten** verbunden. Zudem fehlt es zum Teil an der **Abstimmung zwischen den verschiedenen Förderstellen**, wodurch der Zugang zu Förderprogrammen zusätzlich erschwert wird.[186] Hier gilt es, ausreichende Informations- und Beratungsangebote zu schaffen, damit die Förderinitiativen Investitionen effektiv anreizen können.

Die Förderung von **Wärmenetzen muss so ausgestaltet werden,** dass langfristig ein Umbau der Wärmenetze vorgenommen wird, um einen wesentlich **größeren Anteil erneuerbarer Energien** in die bereits bestehenden Netze integrieren zu können. Dazu bedarf es eines **geeigneten und hinreichend übersichtlichen Förderrahmens, der an die potenziellen Fördernehmer kommuniziert werden muss.**

# 2.4 Thema: Wärmeinfrastruktur

## 2.4.1 Fehlen zentraler Ansprechpartner

Die zentralen Akteure im Rahmen der urbanen Wärmeversorgung sind die regionalen und lokalen Energie- und Wärmeversorger, Wohnungsbaugesellschaften, Gebäudeeigentümer*innen und Mieter*innen, Handel und Gewerbe, aber auch Bürger*innen und Bürgerenergiegenossenschaften.[187] Aufgrund der Vielfältigkeit der an der urbanen Wärmewende beteiligten Akteure gilt es eine Vielzahl unterschiedlicher Interessen in Ausgleich zu bringen und planend zu koordinieren. Bisher gibt es in aller Regel keinen allgemeinen, **zentralen Ansprechpartner** und die Einrichtung solcher Stellen ist bisher gesetzlich auch nicht vorgesehen. Dies macht es schwierig, ein einheitliches optimiertes Vorgehen innerhalb des Quartiers zu garantieren.

Gerade in kleinen und mittleren Unternehmen, die nicht unmittelbar an die Energiebranche angebunden sind, fehlt häufig die Expertise, um das volle Potenzial für die urbane Wärmeversorgung auszuschöpfen. Dadurch werden Chancen, sich mit anderen Akteuren zu vernetzen und so die Wärmewende voranzubringen nicht genutzt und Möglichkeiten erneuerbare Wärme einzusetzen, gehen verloren oder werden erst gar nicht erkannt.

Aufgrund heterogener Wärmenachfrage und Erzeugungsstrukturen sowie der räumlichen Begrenzung des Wärmetransports bietet es sich deshalb an, auch die Koordinierung der Wärmeversorgung auf **lokaler Ebene** anzusiedeln. Mit den **Kommunen** sind hier lokale Akteure vorhanden, die die Vielzahl der Interessen bündeln könnten. Es ist daher sinnvoll, die Rolle der Kommunen im Bereich der Wärmeinfrastruktur zu stärken und entsprechend auch zentrale Ansprechpartner auf dieser Ebene vorzusehen.

Die Aufgaben eines solchen zentralen Ansprechpartners können Information, Aufklärung, Interessenvermittlung und die Herstellung von Kommunikation mit und zwischen allen Beteiligten sein. Sie können auch die Stellung der Bürger*innen gegenüber den etablierten Akteuren stärken und so zu einer gesteigerten Akzeptanz der Wärmewende in der jeweiligen Kommune beitragen.

[185] KfW Bankengruppe, 2019a.
[186] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH/adelphi consult GmbH/Ecofys Germany GmbH/PricewaterhouseCoopers GmbH/Agentur für Erneuerbare Energien, 2017, S. 63 f.
[187] Heinrich-Böll-Stiftung e.V., 2015, S. 76 f.

Die Stelle könnte auf Ebene der unteren Verwaltungsbehörden angesiedelt werden, je nach Bundesland beispielsweise im Landratsamt oder der Gemeinde.[188] Damit wäre der Ansprechpartner in die Kommunalstruktur integriert und würde aus dem Kreis- oder Gemeindehaushalt bezahlt werden. Alternativ könnte in Anlehnung an das Modell eines Bürgerbeauftragten[189] auch ein komplett unabhängiger und weisungsungebundener Ansprechpartner eingesetzt werden, der aus dem Landeshaushalt bezahlt würde.

### 2.4.2 Kommunale Wärmeplanung

Neben einem Ansprechpartner bedarf die urbane Wärmeversorgung und -wende einer strukturierten, übergreifenden Planung, auch um die verschiedenen Sektoren zu koppeln und beispielsweise die Potenziale von Abwärme zu heben. Durch ihre regionale Verankerung und Rolle kann die Kommune die Vielzahl der Interessen bündeln und eine solche Planung vornehmen. Die hohe Infrastrukturdichte urbaner Räume bietet dabei große **Potenziale** für den Einsatz erneuerbarer Energien, die mangels koordinierender Strategie bisher ungenutzt bleiben. Durch eine Wärmeplanung erhalten Kommunen die Möglichkeit den Einsatz klima- und ressourcenschonender Wärmeversorgungstechniken vorzusehen. Die zentrale Koordination von Einzelentscheidungen führt zu dem Einsatz wirtschaftlich attraktiver Konzepte, wodurch letztendlich sowohl die Kommunen als auch ihre Bürger*innen profitieren können.[190]

Die Entscheidung, welche Versorgungkonzepte zum Einsatz kommen, liegt bei der/dem Eigentümer*in und wird oft als Einzelentscheidung getroffen. Trifft der Einzelne eine Investitionsentscheidung zur Modernisierung der Wärmeversorgung, kommt für einen langen Zeitraum kein neuerlicher Austausch der Anlage oder Wechsel der Versorgungsform in Betracht, es tritt ein sogenannter **Lock-in-Effekt** ein. Dies führt dazu, dass dieses Eigentum längerfristig nicht zu einer Gesamtstrategie beitragen kann. Die wirtschaftliche Umsetzung von zum Beispiel Wärmenetzplänen, durch welche gerade lokale klimaneutrale Potenziale gehoben werden können, die aber für die Wirtschaftlichkeit auf eine hohe Anzahl von Anschlussnehmern angewiesen sind, wird erschwert. Aufgrund der langen Investitionszyklen bedarf es einer frühzeitigen umfassenden Planung der Wärmeversorgung, um unabgestimmte Einzelentscheidungen, die potenziellen Wärmekonzepten entgegenstehen, zu vermeiden.

Die **Wärmeplanung** ist eine Aufgabe, die die Kommunen als Bestandteil ihrer kommunalen Planungshoheit aus Art. 28 Abs. 2 Grundgesetz (GG)[191] freiwillig wahrnehmen können. Weitergehend plant Baden-Württemberg derzeit die Einführung einer Pflicht zur Wärmeplanung für die Stadtkreise und die großen Kreisstädte des Bundeslandes.[192] Der Bund könnte im Rahmen des noch für dieses Jahr geplanten Bundesklimaschutzgesetz für die Kommunen zumindest mittelbar eine Verpflichtung zur Vornahme von Wärmeplanung einführen, indem die Länder zur Verabschiedung entsprechender Gesetze verpflichtet werden. Dadurch wären auch diejenigen Kommunen, die ihren Fokus bisher nicht auf den Klimaschutz gelegt haben, gezwungen, geeignete Maßnahmen für eine erfolgreiche Wärmewende zu prüfen und festzuschreiben.[193] Unmittelbar kann der Bund keine Aufgaben an die Kommunen übertragen (sog. Durchgriffsverbot, vgl. Art. 84 Abs. 1 S. 7 GG, Art.85 Abs. 1 S. 2 GG).[194]

[188] z.B. für Baden-Württemberg gemäß § 15 Landesverwaltungsgesetz Baden-Württemberg (LVG BW).
[189] Vgl: https://www.buergerbeauftragter-bw.de/information/haeufige-fragen#c5247.
[190] Agentur für Erneuerbare Energien, 2016, S. 6.
[191] Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland (GG) in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. März 2019 (BGBl. I S.404) geändert worden ist.
[192] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg, 2019, S. 5.
[193] Becker Büttner Held , 2018, S. 33.
[194] Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste, 2011, S. 9.

Wird eine solche Planung vorgenommen, sollte sie sowohl die Wärmeerzeugungsoptionen, die kommunalen Verbraucher als auch die Wärmeverteilung umfassen. Dadurch können optimale Standorte, nicht nur für Wärmerzeugungsanlagen, sondern beispielsweise auch für Abwärme erzeugende Unternehmen gefunden werden.[195] Die Planung dazu kann in mehreren Schritten erfolgen. Zunächst gilt es eine möglichst genaue Analyse der aktuellen Situation anzufertigen. Dazu gehören sowohl der Nutzungszweck und Sanierungsstand der vorhandenen Gebäude als auch die Ermittlung des jeweiligen Wärmebedarfs und des Temperaturniveaus. Dieser Schritt umfasst auch eine Bestandsanalyse der bereits vorhandenen Wärmeinfrastruktur, wie etwa vorhandener Wärmenetze, und zentraler und dezentraler Wärmeerzeugungsanlagen. Daran anschließend werden die vorhandenen Energiepotenziale identifiziert und darauf aufbauend Konzepte entwickelt, wie die vorhandene Infrastruktur wirtschaftlich optimal genutzt und weiterentwickelt werden kann.[196] Bei der Aufstellung der Wärmepläne sollten die Faktoren Umweltschutz, Naturschutz, regionale Wertschöpfung und Akzeptanz in etwaige Abwägungen mit einbezogen werden. Dazu gehört auch die Einbindung der betroffenen Akteure in die konkrete Ausarbeitung der Pläne.[197]

Die Festsetzung der Wärmepläne, bei der unter anderem die örtlichen Wärmeversorger (Wärme, Gas, Strom) beteiligt werden sollten, kann schließlich durch einen Gemeinderatsbeschluss erfolgen. Die Wärmepläne müssten in der Folge in bereits vorhandene Planungsinstrumente, wie den Flächennutzungsplan und die Bauleitplanung, integriert werden. Die Kommunen können auch öffentlich-rechtliche Verträge zur Realisierung ihrer Planung abschließen.[198] Außerdem haben die Kommunen die Möglichkeit, Satzungen aufzustellen, die einen **Anschluss- und Benutzungszwang** anordnen können. Durch diesen werden Gebäudeeigentümer verpflichtet, ihre Grundstücke an ein Wärmenetz anzuschließen und ausschließlich dieses zur Wärmeversorgung zu nutzen. Als Begründung reicht gemäß § 16 EEWärmeG der Zweck des Klima- und Ressourcenschutzes aus, soweit sich die Maßnahme insgesamt als verhältnismäßig darstellt. Diese kann allerdings zum Beispiel unverhältnismäßig sein, wenn die genutzte Wärmeversorgung bereits höhere Klima- und Umweltschutzstandards erfüllt, als die Fernwärmeversorgung. Insofern muss stets eine Abwägung im Einzelfall erfolgen.[199]

Für viele Kommunen scheitert die Planung allerdings bereits an einer **fehlenden Datengrundlage**. Für eine umfassende, fundierte Planung benötigen die Kommunen Informationen etwa über Umfang, Alter und Standorte von Wärmeverbrauchern und -erzeugern, die eingesetzten Brennstoffe und energierelevante Daten von Wärmenetzen, die nicht in kommunaler Hand sind (Alter, Art, Leitungslänge, Temperaturniveau, Volumenströme, eingesetzte Brennstoffe, PEF etc.). Um diese Informationen zeitnah und vollständig zu erlangen, ist ein **Auskunftsanspruch** der Kommunen gegenüber privaten Unternehmen, öffentlichen Stellen und bevollmächtigten Schornsteinfegern erforderlich.[200] Einen solchen Anspruch gibt es bereits in Schleswig-Holstein, § 7 Abs. 2 Energie- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein (EWKG-SH)[201]. § 8 Abs. 4 Thüringer Klimagesetz (ThürKlimaG)[202] sieht zumindest einen Auskunftsanspruch der Kommunen für die verfügbaren Energiedaten gegenüber dem Thüringer Landesamt für Statistik vor.

Eine Möglichkeit zur Bündelung und Verwaltung planungsrelevanter Daten kann zudem die **Schaffung von Datenplattformen** sein, in denen alle relevanten Akteure die Möglichkeit haben, ihre Energiedaten abzulegen. Auch hier kann den Kommunen bei der Bereitstellung einer solchen Plattform und der Verwaltung der Daten eine entscheidende Rolle zukommen.

---

[195] Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V./Becker Büttner Held/Öko-Institut e.V., 2019, S. 110.
[196] Ebd. S. 7 ff.
[197] Ebd.
[198] Ebd.
[199] Schäfer-Stradowsky/Doderer in: Assmann & Peiffer, 2018.§§ 18 ff. KWKG, Rn. 19 ff.
[200] Ebd. S. 110 f.
[201] Energie- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein (EWKG SH) verkündet als Artikel 1 des Gesetzes zur Energiewende und zum Klimaschutz in Schleswig-Holstein vom 7. März 2017 (GVOBl. S. 124).
[202] Thüringer Klimagesetz (ThürKlimaG) vom 18. Dezember 2018 (GVBl. S. 816).

### 2.4.3 Bauplanungsrecht

Zur Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung stehen den Kommunen **verschiedene Planungsinstrumente** zur Verfügung, von denen sie aber oftmals wenig Gebrauch machen. Mithilfe der **Bauleitplanung** haben die Kommunen beispielsweise gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 23 a) BauGB die Möglichkeit, im Bebauungsplan Gebiete festzusetzen, in denen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen bestimmte luftverunreinigende Stoffe nicht oder nur beschränkt verwendet werden dürfen. Mit diesen **Verwendungsverboten bzw. – beschränkungen** können in erster Linie **bestimmte Heizstoffe ausgeschlossen** werden. [203] Mithilfe dieser Festsetzungen kann die Kommune faktisch die Wahl möglicher zulässiger Wärmeversorgungskonzepte einengen.[204] Entscheidend ist, dass die Kommune diese Festsetzungen im Bebauungsplan **nur aus städtebaulichen Gründen** treffen kann. Andere Gründe, wie der sparsamere Energieverbrauch bestimmter Heizstoffe oder allgemeine ökologische Ziele sind nicht ausreichend.[205] Städtebauliche Gründe erfordern immer einen **bodenrechtlichen Bezug**.[206] Ein solcher Bezug ist bei Verwendungsverbot bzw. -beschränkung bestimmter Heizstoffe beispielsweise bei besonders schützenswerten Orten, wie Hanglagen, Kurorten, Naherholungsgebieten oder bei besonders empfindlichen, von Luftverunreinigungen betroffenen Orten, gegeben.[207] Auch wäre eine solche Festsetzung möglich, wenn die Kommune auf ihrem Gemeindegebiet die lufthygienischen Verhältnisse verbessern möchte.[208]

Darüber hinaus kann die Kommune gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 23 b) BauGB auch Gebietsfestsetzungen treffen, in denen bei der **Errichtung von Gebäuden** bestimmte bauliche oder technische Maßnahmen für die **Erzeugung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien** oder **KWK** getroffen werden müssen. Auch bei dieser Festsetzung bedarf es städtebaulicher Gründe.[209] Nach dem Wortlaut von § 9 Abs. 1 Nr. 23 b) BauGB erfasst diese Festsetzung jedoch **nur Neubauten** und gibt den Grundstückseigentümern **keine Nutzungspflicht** für die erneuerbaren Energien oder KWK vor.[210]

Ergänzend zu den Festlegungen im Bebauungsplan haben die Kommunen die Möglichkeit, über **städtebauliche Verträge** städtebauliche Maßnahmen auf einen Vertragspartner zu übertragen.[211] Möglicher Vertragsinhalt eines städtebaulichen Vertrages kann beispielsweise die **Errichtung und Nutzung von Anlagen** und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus **erneuerbaren Energien** oder **KWK** sein, sofern die Errichtung und Nutzung mit den städtebaulichen Planungen und Maßnahmen verfolgten Zielen und Zwecken übereinstimmen, § 11 Abs. 1 S. 2 Nr. 4 BauGB. Inhaltlich hat die Kommune bei einem städtebaulichen Vertrag im Gegensatz zu Festsetzungen im Bebauungsplan nach § 23 Abs. 1 Nr. 23 b) BauGB mehr Gestaltungsspielraum, da der Vertrag auch **Bestandsgebäude** erfassen und eine **Nutzungspflicht der erneuerbaren Energien und der KWK** vorgeschrieben werden kann.

[203] Schäfer-Stradowsky/Doderer in: Assmann & Peiffer, 2018.§§ 18 ff. KWKG, Rn. 27 f.
[204] Ebd.
[205] Söfker in: Ernst, Zinkahn, Bielenberg, & Krautzberger, 2018.BauGB, § 9, Rn. 187 ff.
[206] Ebd. Rn. 191.
[207] Ebd.
[208] Söfker in: Ernst, Zinkahn, Bielenberg, & Krautzberger, 2018. BauGB, § 9, Rn. 191.
[209] Ebd.
[210] Ebd. Rn. 197a.
[211] Reidt in: Battis, Krautzberger, & Löhr, 2016.BauGB, § 11, Rn. 13.

### 2.4.4 Umstellung auf gewerbliche Wärmelieferung (Wärmelieferverordnung)

Ein bedeutendes Hemmnis für die Ausweitung der gewerblichen Wärmelieferung im Mietwohnbestand ist die Ausgestaltung von § 556c BGB, der die Verordnungsermächtigung für die **Wärmelieferverordnung**[212] beinhaltet. Gemäß § 556c Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BGB kann ein Vermieter die Betriebskosten für Wärme und Warmwasser bei einer Umstellung der Wärmeversorgung von der Eigenversorgung (Begriff der „Eigenversorgung" im BGB abweichend von EEG 2017) auf die eigenständig gewerbliche Lieferung durch einen Wärmelieferanten nur dann auf den Mieter umlegen, wenn die zukünftigen Kosten für die Wärmelieferung die bisherigen Kosten (inkl. Wartung und Instandhaltung) nicht übersteigen. Der Vermieter ist bei der Modernisierung der Wärmeversorgung an diese Vorgaben nicht gebunden. Die neue Wärmeversorgungstechnologie muss lediglich effizienter als die alte Anlage sein. Das eigentliche Ziel der Vorschrift, die Verbesserung der Energieeffizienz bei der Wärmeversorgung durch die Umstellung auf gewerbliche Wärmelieferung[213], wird durch diese Schieflage in der gesetzlichen Regelung nicht erreicht bzw. konterkariert. Bei den Bestandsgebäuden ist eine Umstellung auf gewerbliche Wärmelieferung bzw. auf eine effiziente und umweltfreundlichere Wärmeversorgung seit geraumer Zeit zum Erliegen gekommen. Hintergrund sind u. a. die niedrigen fossilen Brennstoffpreise und der Ansatz von praxisfernen Nutzungsgraden für die alte Heizung. Dies gilt umso mehr, als die Mietparteien auch nicht durch anderweitige vertragliche Regelungen von § 556c BGB abweichen können, § 556c Abs. 4 BGB.

Vor diesem Hintergrund und um das Klima- und Effizienzpotenzial von modernen Heizungs- und Gebäudetechnologien zu heben, sollte insbesondere die **Berechnungsmethodik zur Ermittlung der Kosten der Wärmelieferung,** die auf die Wärmelieferverordnung zurückgeht, angepasst und zukünftige Effizienz- und Einspareffekte von Maßnahmen und Technologien berücksichtigt werden (z. B. über einen Effizienzbeitrag/-faktor). Daneben könnte u. a. ein Verweis auf aktuell anerkannte Pauschalwerte (FW 314) erfolgen.[214]

### 2.4.5 Nutzung von Abwärme bei steigender Effizienz

Insbesondere bei der **Einspeisung industrieller Abwärme ins Fernwärmenetz** muss ein **Gleichgewicht** zwischen der Erlösoptimierung eines Unternehmens im Hinblick auf die Vergütung der eingespeisten Abwärme einerseits sowie dem Interesse an möglichst energieeffizienten Prozessen andererseits, die zu einer Reduktion der entstehenden Abwärme führen, angestrebt werden. Für Unternehmen darf durch die Vergütung der Abwärme kein Anreiz gesetzt werden, energetische Modernsierungen langfristig zu unterlassen, um weiterhin die Einnahmequelle aus der entstehenden Abwärme zu erhalten. Letzteres wäre ein klassischer Lock-in-Effekt. Dem steht jedoch oftmals das Verhältnis von erzielten Erlösen für die ausgekoppelte Abwärme zu den Brennstoffkosten des Hauptprozesses entgegen. Für das Unternehmen hat die Realisierung von Effizienzsteigerungsmaßnahmen höhere Priorität, als eine „künstliche" Aufrechterhaltung einer Abwärmekooperation.

Auf der anderen Seite werden im Wärmesektor oft lange Vertragslaufzeiten angestrebt, da Wärmenetze lange technische Nutzungsdauern haben und nur begrenzt an veränderte Rahmenparameter angepasst werden können. Unternehmen sind jedoch häufig nicht gewillt, sich über so einen langen Zeitraum vertraglich zu binden, um sich zukünftige strategische Unternehmensentscheidungen bezüglich Modernisierungsmaßnahmen, aber auch Wartungszeiträumen und Veränderungen von Produktionskapazitäten, vorzubehalten.

[212] Wärmelieferverordnung vom 7. Juni 2013, BGBl. I S. 1509; WärmeLV.
[213] Deutscher Bundestag, 2012, S. 23.
[214] AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., 2017.

Eine Lösung könnte die Schaffung von **Ausfallversicherungen** sein, bei denen gegen Zahlung eines Beitrages durch die versicherten Unternehmen die wirtschaftlichen Risiken in Form der Versicherungsprämie quantifizierbar werden und somit eine wirtschaftliche Planung ermöglichen.[215] Die Versicherungen könnten privatrechtlich durch die Versicherungswirtschaft bereitgestellt werden. Soweit die wirtschaftlichen Anreize dafür nicht ausreichen, könnten die Bundesländer in Erwägung ziehen, das Ausfallrisiko durch das Bereitstellen von Landesbürgschaften abzusichern. Dabei müssten jedoch unionsrechtliche Beihilferegelungen im Blick behalten werden.[216]

Wärme, die in einem Prozess entsteht, dessen Hauptziel die Erzeugung eines Produktes oder die Erbringung einer Dienstleistung (inkl. Abfallentsorgung) oder einer Energieumwandlung ist und die dabei als ungenutztes Nebenprodukt an die Umwelt abgeführt werden muss und unter eine der folgenden Kategorien fällt:

- Produktion (z. B. Raffinerien, Stahlverarbeitung, chemische Industrie)
- Dienstleistung (z. B. Rechenzentren, Wäschereien, Datenverarbeitung, Kühlhäuser, Abwasser)
- Abfallentsorgung (z. B. thermische Abfallbehandlung, Schließung innerbetrieblicher Stoffkreisläufe)
- Energieumwandlung (z. B. Kondensationskraftwerke, Abgaswärme aus Verbrennungsprozessen).[217]

Dabei ist in allen Prozessen die Abwärmevermeidung der Abwärmenutzung vorzuziehen. Langfristig werden die Potenziale u. a. aus dem Abfallaufkommen aufgrund von Abfallvermeidung und -recycling (zirkulare Kreislaufwirtschaft) absinken und können damit nur noch kurz- bis mittelfristig zur Abwärmeproduktion in den heutigen Größenordnungen genutzt werden.

Für die Nutzung und Bewertung der Abwärmequellen insbesondere im Hinblick auf ihr Dekarbonisierungspotenzial und die Vergleichbarkeit mit erneuerbaren Energiequellen sowie die Förderfähigkeit von Projekten ist eine einheitliche, rechtssichere und konsistente Definition unerlässlich.

### 2.4.6 Steigerung erneuerbarer Energien in Wärmenetzen

Die Ende 2018 verabschiedete, neugefasste EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RED II) sieht den Ausbau der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und Abwärme/-kälte auch in Wärme- und Kältenetzen vor (Art. 24 RED II). In den Erwägungsgründen der RED II ist hierzu angeführt: „[…] sollten die Mitgliedstaaten dazu verpflichtet werden, eine Bewertung des nationalen Potenzials von Energie aus erneuerbaren Quellen und der Nutzung von Abwärme und -kälte im Bereich Wärme- und Kälteversorgung durchzuführen, insbesondere um die durchgängige Einbeziehung von Energie aus erneuerbaren Quellen bei Wärme- und Kälteanlagen zu erleichtern und eine wettbewerbsfähige und effiziente Fernwärme- und Fernkälteversorgung zu fördern.“ Art. 23 Abs. 1 RED II fordert daher von Mitgliedsstaaten sich zu bemühen, den Anteil erneuerbarer Energien im Wärme- und Kältesektor bis 2030 um einen indikativen Richtwert von durchschnittlich 1,3 Prozentpunkten pro Jahr gegenüber 2020 zu steigern.

Nach Art. 24 Abs. 4 RED II sollen die Mitgliedsstaaten daher Maßnahmen festlegen, die erforderlich sind, um sicherzustellen, dass Fernwärme- und -kältesysteme zu der Steigerung nach Art. 23 Abs. 1 dieser Richtlinie beitragen, indem sie mindestens eine der beiden folgenden Optionen umsetzen:

a) Sie streben beim Anteil der Energie aus erneuerbaren Quellen und der Abwärme und -kälte im Bereich Fernwärme oder -kälte gegenüber dem Anteil der Energie aus erneuerbaren Quellen und der Abwärme- und -kälte im Bereich Fernwärme oder -kälte in 2020 eine Steigerung um mindestens einen Prozentpunkt

[215] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg/GEF Ingenieur AG/Indevo GmbH/geomer Geointelligence and beyond, 2019, S. 120.
[216] Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V./Becker Büttner Held/Öko-Institut e.V., 2019, S. 206.
[217] Ebd. S. 187.

an, die jahresdurchschnittlich für den Zeitraum 2021-2025 und den Zeitraum 2026-2030 berechnet wird, indem sie Maßnahmen treffen, die diese durchschnittliche jährliche Steigerung in Jahren mit normalen klimatischen Bedingungen voraussichtlich bewirken. […]
Die Mitgliedstaaten legen in ihren integrierten nationalen Energie- und Klimaschutzplänen gemäß Anhang I der Verordnung (EU) 2018/1999 die Maßnahmen fest, die erforderlich sind, um die durchschnittliche jährliche Steigerung […] zu verwirklichen.

b) Sie stellen sicher, dass die Betreiber von Fernwärme- und -kältesystemen verpflichtet sind, Anbietern von Energie aus erneuerbaren Quellen und von Abwärme und -kälte Zugang zum Netz zu gewähren, oder Drittanbietern anbieten müssen, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Quellen sowie Abwärme und -kälte in das Netz einzuspeisen und abzukaufen, auf Grundlage von durch die zuständigen Behörden der Mitgliedstaaten festgelegten nichtdiskriminierenden Kriterien […].

Bei einer Umsetzung der mitgliedsstaatlichen Verpflichtung in ihren integrierten nationalen Energie- und Klimaschutzplänen (NECP) nach Art. 24 Abs. 4a RED II bietet es sich an, auf die im dena-Projekt Urbane Energiewende Teil B – Kapitel 3.1 und 3.2 beschriebenen und im urbanen Raum besonders geeigneten Wärmeversorgungskonzepte zurückzugreifen und als geeignete Maßnahmen festzuschreiben. Dabei sollte bei der konkreten Ausgestaltung der Maßnahmen auf eine gewisse Verbindlichkeit hinsichtlich ihrer zeitnahen Umsetzung in die Praxis hingearbeitet werden.

Bei einer Umsetzung nach Art. 24 Abs. 4b RED II können die Mitgliedsstaaten alternativ ein System schaffen, dass Drittanbietern von Wärme und Kälte aus erneuerbaren Quellen sowie Abwärme und -kälte erlaubt, ihre Wärme in das Netz einzuspeisen. Die Umsetzung dieser Option in die Praxis ist mit besonderen Herausforderungen, meist technischer Art, verbunden. Bei der Ausgestaltung dieser Option sind daher insbesondere die technischen Gegebenheiten (Druck, Temperaturniveau, etc.) der betroffenen Wärmenetze zu beachten, die in der Regel durch den Wärmenetzbetreiber vorgegeben sind. Diese Vorgaben wären entsprechend bei einer Wärmeeinspeisung durch Dritte zu erfüllen. Da Wärmenetze im Vergleich zu Strom- und Gasnetzen stark räumlich begrenzt sind und dadurch geringere Kapazitäten aufweisen, wäre bei der Wärmeeinspeisung aus erneuerbaren Quellen durch Dritte die Fragen der Aufnahmefähigkeit des jeweiligen Netzes und Abnahme eben dieser Wärme zu klären.

Die Umsetzung der Richtlinie durch die Mitgliedsstaaten hat bis spätestens 30. Juni 2021 zu erfolgen.

# C3 Mobilität im urbanen Raum

## 3.1 Thema: ÖPNV-Förderung

Das Instrument Nahverkehrsplan übernimmt bei der Ausgestaltung und Förderung des ÖPNV eine zentrale Rolle. In diesem kann der Aufgabenträger des ÖPNV und des SPNV u.a. auch die klimapolitischen Ziele, Minderungspfade und das Monitoring festlegen, die in den Verkehrsvertrag einfließen sollen. Vorgaben zum Einsatz konkreter Techniken und damit das Risiko von Pfadabhängigkeiten sollten dabei vermieden werden und die unternehmerischen Gestaltungsspielräume der ÖPNV-Unternehmen erhalten bleiben. Das Land Berlin hat als erstes Bundesland in seinem Mobilitätsgesetz (MobG BE) und in seinem Energiewendegesetz (EWG Bln) verbindliche Vorgaben für verschiedene Fragen der Ausgestaltung des ÖPNV (u.a. Energieverbrauch, Klimaschutz und Primärenergieeffizienz, Digitalisierung, Vertriebswege) gesetzlich festgelegt und diese erstmals im Nahverkehrsplan 2019-2023 entsprechend umgesetzt. Der Nahverkehrsplan 2019-2023 enthält insbesondere Vorgaben für Umweltstandards bei der Vergabe von ÖPNV-Leistungen: „Bei Neuvergabe von Verkehrsleistungen durch den Aufgabenträger sind die Umweltstandards des NVP grundsätzlich vorzugeben und bei der Vergabe zu berücksichtigen, analog gilt dies auch für die Neuvergabe von Subunternehmerleistungen durch die beauftragten Verkehrsunternehmen.“.[218] Die Handhabe über den **Nahverkehrsplan** und **benachbarte Instrumente**, in Berlin zum Beispiel auch die Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt (VwVBU)[219], können **Teil kommunaler Steuerung zur Stärkung des ÖPNV** unter Berücksichtigung von Klimaschutz- und Umweltaspekten sein.

Weiterhin sollte der Umweltverbund (Busspuren, Fußwege und Fahrradwege) im Planungsprozess des Straßenraums stärker berücksichtigt werden. Die Anforderungen zur Anordnung von Busspuren sind in der StVO geregelt. Dort könnten somit ggf. die entsprechenden Mindestanforderungen abgesenkt werden. Die Umverteilung des Straßenraums zu Gunsten des Umweltverbunds ist als langfristiges Ziel zu stärken und hierfür quantifizierbare Zwischenziele festzulegen.

## 3.2 Thema: Sharing Mobility

Die Überwindung der bisher geringen Relevanz der Sharing-Angebote setzt u. a. sehr weitgehende Korrekturen bei den Abgabenregelungen des MIV voraus, die auf die Anschaffung, das Halten und die Nutzung abzielen.[220] Diese Korrekturen schließen die Steuern beim Kauf und für die Haltung sowie Steuern und Gebühren für die Nutzung (Energiesteuer, Straßenbenutzungs- und Parkgebühren) ein. Parallel hierzu ist ein Abbau der Subventionen (u. a. Entfernungspauschale, Steuervergünstigungen für Dieselkraftstoff) anzustreben. Insbesondere die im hochverdichteten urbanen Raum zumeist nicht dem Wert entsprechenden Nutzungsgebühren und die in ihrem Umfang weitgehend unbegrenzte Nutzung des öffentlichen Raums zum Parken sind zentrale Korrekturpunkte.[221] In diesem Zusammenhang wird bereits der bestehende Rechtsrahmen selten ausgeschöpft und die kommunalpolitische Kommunikation entspricht nicht dem Handlungsbedarf.[222]

[218] Nahverkehrsplan Berlin 2019-2023, S. 199.
[219] Verweis im Nahverkehrsplan Berlin 2019-2023, S. 200; zu Kriterien für die Evaluation von Beschaffungsvorschriften im Umweltbereich vgl. Öko-Institut e.V., 2015.
[220] Vom Sachverständigenrat für Umweltfragen vielfach thematisiert, zuletzt: Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2017.
[221] Zur Regulierung der Nutzung des öffentlichen Raums siehe beispielhaft: Notz, J. N., 2017.
[222] Agora Verkehrswende, 2019b.

### 3.2.1 PBefG: Carsharing, Ride-Sharing, Ride-Pooling

Für eine optimale und somit bedarfsorientierte Ausgestaltung der Sharing Mobility Konzepte im urbanen Raum fehlen Rechtsgrundlagen, die eine Harmonisierung dieser Konzepte ermöglichen. Ein Hemmnis ist hierbei eine **nicht hinreichende Anwendbarkeit des PBefG** auf kommerzielle Mitfahrgemeinschaften.

Die Zuordnung von Ride-Sharing (u.a. CleverShuttle, Uber, MOIA) zum Gelegenheitsverkehr ist fraglich, da virtuelle Haltestellen angefahren werden, Gelegenheitsverkehr jedoch strenggenommen flexibel ist (variable Route, variable Zeit, variable Haltestelle). Bisher erfolgen diese Verkehre auf Basis von Ausnahmegenehmigungen, die durch die Kommunen (zum Beispiel MOIA – BWVI und BerlKönig – LABO) erteilt werden („Erprobung"). Deshalb müssen u.a. die **Mischformen** (hier sog. bedarfsorientierter Flächenbetrieb – „Point-to-Point"-Bedienung) **geregelt werden**.
Ein im Februar 2019 vorgelegtes Eckpunktepapier des BMVI zum PBefG-Reformbedarf[223] adressiert schwerpunktmäßig Aspekte der Digitalisierung. Die Vorschläge beinhalten zum Beispiel, dass bedarfsgesteuerte Ride-Pooling-Dienste kommunaler Verkehrsunternehmen in § 43 PBefG als Sonderform des Linienverkehrs deklariert werden sollen (Nr. 1b.). Daneben soll zum Beispiel die Rückkehrpflicht für Mietwagen einerseits aufgehoben werden, andererseits der Betrieb des Taxigewerbes durch Reservierungsmöglichkeiten geschützt bleiben (Nr. 1d.).

Zur Auflösung der Widersprüche zwischen dem bestehenden Rechtsrahmen und den noch vergleichsweise neuen Sharing-Diensten bedarf es einer eingehenden Diskussion zu Vorbedingungen und Grundsätzen einer möglichen Anpassung des PBefG, wie auch einer Neubewertung des Rollenverständnisses dieser Angebote im Vergleich zum klassischen ÖPNV. Es müssen alle Markteilnehmer vergleichbare Anforderungen hinsichtlich Transport- und Versorgungsaufgaben für alle Mobilitätsteilnehmer haben, um eine regionale Kannibalisierung mit negativen Gesamteffekten zu vermeiden.

### 3.2.2 CsgG: Von Bundesrecht zu Landesrecht

**Stationsbasiertes Carsharing** wird bereits seit 1988 angeboten. Die Carsharing-Stationen wurden auf privatem Grund errichtet, da die straßen- und wegerechtlichen Regelungen der Länder eine Privilegierung von Carsharing-Stationen nicht vorsehen. Im Land Berlin wurde ab 2011 eine Lösung mittels Teilentwidmung der Parkstände praktiziert. In der Umsetzung ist eine Zuordnung und Beschilderung einzelner Parkstände für definierte Carsharing-Anbieter jedoch nicht möglich. In der Praxis führt diese Regelung zu erheblichen Konflikten, da mehrere Carsharing-Anbieter am Markt aktiv sind; zudem kann keine Differenzierung zwischen stationsbasierten und stationsunabhängigen Carsharing-Pkw erfolgen. Schließlich ist die Akzeptanz dieser Privilegierung in Teilräumen mit hohem Parkdruck gering. In Bremen ist die Stellplatzpflicht seit 2013 bei Neubauvorhaben teilweise ausgesetzt, wenn Parkstände für Carsharing errichtet werden oder der Bauherr bis zu elf Jahre Zeitkarten des ÖPNV erwirbt[224]. Um die Fehlnutzung der privilegierten Parkstände zu begrenzen, werden in Bremen Carsharing-Parkstände mit Klappbügeln ausgerüstet; in Berlin wird dieses Vorgehen aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht und erhöhter Kosten für den Winterdienst und die Straßenreinigung nicht praktiziert.

In einem vier Jahre währenden Prozess ab Juli 2013 entstand der Entwurf des heutigen CsgG[225], welches Anteile straßenrechtlicher (unternehmensspezifisch zugeordnete Stellplätze auf Basis einer Sondernutzung) und straßenverkehrsrechtlicher Regelungen enthält und schließlich im Juli 2017 in Kraft trat.

[223] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, o. J.
[224] Stellplatzortsgesetz Bremen vom 6. Oktober 2009 (Brem.GBl. S. 401 - 2130-d-1a).
[225] Carsharinggesetz (CsgG) vom 5. Juli 2017 (BGBl. I S. 2230).

Die neue, für die Umsetzung noch zu ergänzende Rechtsgrundlage (Fahrzeugkennzeichnung, Beschilderung der Parkstände, Gebührenregelungen), gilt nur für Straßen in der Baulast des Bundes. Für alle übrigen Straßen sind analoge Regelungen im Straßen- und Wegerecht der Länder erforderlich. Eine bundeseinheitliche Regelung wäre wünschenswert. In der Umsetzung bestehen die o.g., in der langjährigen Praxis der Länder Berlin und Bremen sowie einzelner Kommunen aufgetretenen Konflikte und Nachteile fort (u. a. Fehlnutzung der Carsharing-Parkstände durch Nicht-Berechtigte Pkw, insbesondere in hochverdichten Innenstädten, begrenzte Möglichkeiten der Parkraumüberwachung, in der Folge Unzufriedenheit der Kunden bei Rückgabe und Anmietung).

Zudem ist das im CsgG des Bundes vorgesehene Vorgehen in großen Kommunen nicht praxistauglich. So setzt das Vergabeverfahren für die Erteilung von Sondernutzungserlaubnissen voraus, dass die Kommune Standorte der Carsharing-Stationen sowie die erforderlichen Fahrzeugflotte und -zusammensetzung festlegt. Diese differenzierten Kenntnisse der Nachfragepotenziale sind in Kommunen üblicherweise nicht vorhanden, Nachfragedaten werden von den etablierten Anbietern bisher nicht veröffentlicht, da sie die Grundlage des jeweiligen Geschäftsmodells bilden. Zudem ist die Umsetzung des CsgG mit einem hohen Aufwand beim Anbieter und bei der Kommune verbunden (u. a. Durchführung eines komplexen Vergabeverfahrens bzw. Interessenbekundungsverfahrens, Nachweise der technischen Flottenzusammensetzung, Nachweis der Kundenzahl, Nachweis des Tarifsystems, Einhaltung der Wartungsvorschriften des Fahrzeugherstellers). Zudem ist nicht ausgeschlossen, dass auch Fahrzeuge, die in Firmenflotten „gepoolt“ werden, die Anforderungen des CsgG erfüllen und damit die Privilegien nutzen.

Eine Lösungsoption **ist die Umsetzung des CsgG in Landesrecht**, bereits geschehen zum Beispiel in Bayern, Baden-Württemberg, Bremen, Nordrhein-Westfalen; weitere Bundesländer in Entwurfs- oder Anhörungsstadium – binnen dieses bzw. im Laufe des nächsten Jahres kann mit einer Umsetzung von Sondernutzungsregelungen für Carsharing-Fahrzeuge gerechnet werden. Wie im Rahmen intermodaler Konzepte beschrieben (vgl. B 4.1.1) bedarf es, unabhängig von einer integrierten Umsetzung im Straßen- und Wegegesetz des jeweiligen Landes oder der Schaffung eigenständiger Regelungen, des „intermodalen Blickes“, um eine Verzahnung des klassischen Umweltverbunds mit neuartigen Sharing-Angeboten zu gewährleisten.

Weiterhin sind **Vergabeverfahren und Konzessionsmodelle in Kombination mit kommunal ausgesuchten Flächen**, v.a. für stationsbasierte Angebote, hervorzuheben:

- Voraussetzung, insbesondere für Vergabeverfahren, sind Kenntnisse der Kommunalverwaltung über die potenzielle Nachfrage nach einem Carsharing-Angebot, deren stadträumliche Verteilung sowie die Ausgestaltung von Anforderungen und Nachweise der Leistungserbringung.
- Kenntnisse über die Bereitstellung privater Flächen für Carsharing-Stationen sowie deren Mietpreise.
- Personal für die Überwachung von Carsharing-Stationen auf öffentlichem Straßenland; es ist davon auszugehen, dass Carsharing-Anbieter Mindestanforderungen an die Verfügbarkeit der Parkstände stellen.
- Planung von Flächen unter Einbeziehung von Sharing-Stellplätzen – idealerweise ausgestaltet als Mobilitätsstationen, flankiert mit Radabstellanlagen u.a.

Die genannten Ressourcen und Kenntnisse sind in den Kommunalverwaltungen jedoch derzeit nur eingeschränkt vorhanden, erprobte Vertragsmodelle sind nicht verfügbar.

# 3.3 Thema: Ladeinfrastruktur und Ladeinfrastrukturkonzepte

Die im Jahr 2008 mit dem Programm der Bundesregierung „Modellregionen Elektromobilität" einsetzende und mit zahlreichen Förderprogrammen forcierte Errichtung von Ladeinfrastruktur (LIS) auf öffentlichem Straßenland und auf privatem Grund traf auf ein bestehendes und komplexes Regelwerk, das die besonderen Aspekte von LIS nicht berücksichtigte und teilweise bis heute nicht berücksichtigt. Weitere Änderungen des Rechtsrahmens und damit institutionelle und technische Anpassungen sind absehbar. **Für Ladeinfrastrukturbetreiber besteht daher weiterhin nur begrenzte Planungs-, Investitions- und Rechtssicherheit.**

Durch die Erweiterung des Angebots sind **teils hohe wirtschaftliche Risiken** entstanden. Die Nutzerseite ist mit mangelnder technischer Interoperabilität (zum Beispiel Stecker und Ladekabel), einer uneinheitlichen „Benutzeroberfläche" sowie uneinheitlichen Zugangsvoraussetzungen (zum Beispiel Lade-Apps, RFID-Karten, Kreditkarten) und Abrechnungsmodalitäten (zum Beispiel Abrechnung nach Zeit, nach kWh; Pauschalgebühr) konfrontiert. Aus den Unklarheiten und damit verbundenen hohen Kosten des Status Quo ergeben sich Vorbehalte gegen den Ausbau und die Nutzung von LIS.

## 3.3.1 Hohe Kosten – Sorge vor Fehlinvestitionen

Bisher besteht ein mäßiger bis langsamer Markthochlauf von Ladeinfrastruktur, der nicht zuletzt durch eine ebenso mäßige bzw. niedrige Nachfrage nach Elektrofahrzeugen, sondern auch durch das Fehlen von Standardisierungen im Bereich der prozessualen Abläufe bzw. der Standard-Prozesskette zu begründen ist. [226] Beispielsweise investieren die Energieversorgungsunternehmen (EVU) gegenwärtig vergleichsweise verhalten in die öffentliche Ladeinfrastruktur. [227] Ein Erklärungsansatz hierfür ist die hohe Unsicherheit über ein Return of Investment (ROI) aufgrund eines hohen Risikos bzw. einer gegenwärtig defizitären Bewertung verschiedener Geschäftsmodelle[228], die im Zusammenhang mit der Elektromobilität durch die unzureichende Nachfrage zum Beispiel aufgrund mangelnder Standardisierung zurückgeführt werden kann. Insbesondere aus Anbietersicht seitens privater Akteure besteht somit wenig Anreiz für umfassende Investitionsaktivitäten.

Das Hemmnis der Investitionsunsicherheit besteht auch im halböffentlichen Raum. **Im Vordergrund dürften für potenzielle Anbieter die großen Investitionsvolumina** stehen, die insbesondere für den Aufbau von Schnellladesäulen erwartet werden. So geht der Handelsverband Deutschland für die Errichtung einer Ladesäule mit 22 kW Leistung von Kosten in Höhe von bis zu 30.000 Euro aus. [229]

Aufgrund der gegenwärtig mangelnden Wirtschaftlichkeit des Betriebs von Ladeinfrastruktur im öffentlichen und halböffentlichen Raum ist weiterhin eine Förderung auf unterschiedlichen politischen Ebenen notwendig, die in Form von **Förderprogrammen** anbieterseitig Anreize für Investitionsaktivitäten schaffen kann. Darüber hinaus sind Maßnahmen notwendig, die zu einer Nachfragesteigerung führen. Diese sollten insbesondere die **Standardisierung von Ladeinfrastruktur** und deren Nutzung in den Fokus setzen. Dies kann zum Beispiel die Vereinheitlichung von Benutzeroberflächen, Zugangsvoraussetzungen (zum Beispiel Lade-Apps, RFID-Karten, Kreditkarten) sowie Abrechnungssystemen umfassen.

[226] Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, 2019a, S. 11.
[227] Price Waterhouse Coopers GmbH, 2018.
[228] Nationale Plattform Elektromobilität, 2015.
[229] Handelsverband Deutschland, 2019.

### 3.3.2 Bepreisung von Ladestrom

Fehlende Transparenz bei der Zusammensetzung der Preise für Ladestrom einerseits und Unklarheiten über zulässige Abrechnungsmodelle andererseits bleiben bislang Grundlage für preisbezogene Hemmnisse bei der Verbreitung der Elektromobilität.

Dabei ist zum einen der komplexe sowie für Verbraucher und Anbieter zum Teil gleichermaßen schwer nachvollziehbare Rechtsrahmen zu nennen: Die technischen Schnittstellen zur Abrechnung von Ladestrom gegenüber Privatkunden unterliegen verbraucherschutzrechtlichen Materien wie dem **Mess- und Eichrecht (MessEG, MessEV)** und dem **Preisrecht (PAngV),** während Interoperabilität auf Bundesebene durch die **Ladesäulenverordnung (LSV)**[230] reguliert wird. An der Schnittstelle zum Energiesystem und mit der Perspektive auf flexible Einspeise- und Abrechnungskonzepte sind **Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)**, **Niederspannungsanschlussverordnung (NAV**)[231] und **Messstellenbetriebsgesetz (MsbG)** zu beachten.[232]

Bei der **Bepreisung von Ladestrom** ist der Interessenausgleich zwischen den unterschiedlichen Akteuren essenziell. Für LIS-Betreiber und Betreiber von eRoaming-Plattformen ist ein zumindest kostendeckendes Geschäftsmodell notwendig, welches sich am ehesten durch hohe Grundgebühren oder zeitbasierte Tarife realisieren ließe. Nutzer haben ein Interesse an der **Nachvollziehbarkeit der Preise** und deren Anlehnung an den ihnen bekannten Haushaltsstrompreis sowie eine Berücksichtigung unterschiedlicher Akkuleistungen.[233] Die Betreiber der Stromverteilnetze müssen zwischen der Aufnahme in ihr Serviceportfolio oder Auslagerung von Ladestromangeboten abwägen. Verbraucherschutzbehörden fordern transparente Preisbestandteile nach geltenden Rechtsvorschriften ein und kommunale Ordnungsbehörden als Verwalter des öffentlichen Raumes haben ein Interesse daran, kurze Standzeiten sowie eine geringe „Fehlnutzung“ über die Preisgestaltung anzureizen.

Innerhalb des dergestalt komplexen Rahmens sind Lösungsoptionen entsprechend vielfältig. Parallelen im Verlauf der Entwicklung des Mobilfunk-Marktes, von Geschäftsmodellen über unterschiedliche Tarifierungen bis hin zu EU-weiten Regulierungen z.B. von Roaming-Modellen[234] drängen sich auf, sind aber nach derzeitigem Recherchestand noch nicht vergleichend untersucht worden und gehen über die Untersuchungsschwerpunkte im Rahmen der vorliegenden Studie hinaus. Zu den kurz- bis mittelfristigen **Lösungsansätzen,** die bereits derzeit vorsichtig als zielführend eingeordnet werden können, gehören **anbieterseitig individuelle und Kooperationsmodelle** unter verschiedenen Herstellern oder Betreibern von Ladeinfrastruktur zur Schaffung eichrechtskonformer **Abrechnungssoftware.** [235] Auch individuelle, mittlerweile konformitätsbewertete **integrierte Speicher- und Anzeigelösungen für abrechnungsrelevante Daten** (öffentlich zugängliche Informationen derzeit nur über Anbieter-Websites verfügbar[236]) liegen zunehmend vor. Für bislang nicht konforme Ladeinfrastruktur hat der **BDEW einen von den Eichbehörden gebilligten Nachrüstplan vorgelegt**[237], der von Ladeinfrastrukturbetreibern und zuständiger Eichbehörde jeweils individuell abgestimmt werden muss.

---

[230] Ladesäulenverordnung (LSV) vom 9. März 2016 (BGBl. I S. 457), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Juni 2017 (BGBl. I S. 1520) geändert worden ist.
[231] Niederspannungsanschlussverordnung vom 1. November 2006 (BGBl. I S. 2477), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 14. März 2019 (BGBl. I S. 333) geändert worden ist.
[232] Verbraucherzentrale Bundesverband, 2018.
[233] Vgl. Ebd.
[234] Regulierung ab 2007 mit schrittweiser Senkung; seit 2017 Abschaffung von Roaming-Gebühren innerhalb der EU, vgl. Europäische Kommission, 2016.
[235] Übersicht zugelassener Transparenzsoftware bei der Physikalisch-technische Bundesanstalt, 2017.
[236] Ebee: https://www.ebee.berlin/eichrecht-jetzt/, S.A.F.E. Initiative: https://transparenz.software/, ChargeIT: https://www.presse-blog.com/2019/07/25/transparenzsoftware-von-chargeit-erhaelt-eichrechtliche-zertifizierung/, EBG Compleo: https://www.ebg-compleo.de/loesungen/#c4845, Ecotap: https://www.electrive.net/wp-content/uploads/2018/07/persbericht-Ecotap-Bekommt-Eichrecht-DE.pdf ; ubitricity: https://ecosummit.net/uploads/20160426-1215-Knut-Hechtfischer-Ubitricity.pdf; Innogy: https://www.innogy-emobility.com/unternehmen/transparente-kosten-fuer-autostrom (alle zuletzt abgerufen am 19.07.2019).
[237] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2019d.

Seitens der Rechtssetzung ist vom Bundesgesetzgeber zukünftig eine konsistente Regulierung erforderlich, innerhalb derer vor allem auch **sektorübergreifende Beratungen** erforderlich sein werden – denn die **Bepreisungsmodelle für Ladestrom entwickeln sich auch in Abhängigkeit von und im Zusammenspiel mit** den oben unter Teil C – Kapitel 2.1 – 2.5 diskutierten Veränderungen in **Stromerzeugung und Strommarktbedingungen**: So sind die Anpassungen durch die novellierte EU-Elektrizitätsbinnenmarktrichtlinie (EBM-RL vgl. oben 1.5.1 Prosumer und Eigenversorgung) mit ihren Neuerungen im Entflechtungsregime einerseits und Ausnahmeregelungen andererseits (vgl. Art. 33 EBM-RL mit direktem Bezug zum Ladestrom-Angebot) ebenso relevant für das Geschäftsmodell des gewerblichen Anbietens von Ladestrom wie die Kalkulation des **zunehmend verpflichtenden Einbezugs erneuerbarer Energien in die Ladestromversorgung** durch die RED II und weitere nachgelagerte nationale Regulierungen (vgl. z.B. Art. 28 Abs. 3 RED II mit Verweis auf die AFID-Strategierahmen).

### 3.3.3 Miet- und Wohnungseigentumsrecht

Der Ende März 2019 seitens des Verkehrsministers geforderten und mit Startzeitpunkt Juli geplanten Abhilfe in Gestalt eines Förderprogrammes für private (und wohl auch halb öffentliche) Ladeinfrastruktur in Höhe von einer Mrd. Euro stehen nach wie vor rechtliche Hemmnisse gegenüber.[238] Insbesondere miet- und wohnungseigentumsrechtliche Zustimmungserfordernisse können den Einbau privater LIS erheblich verzögern oder verhindern **Typischerweise problematische Konstellationen im Verhältnis von Mieter und Vermieter**finden sich dabei überwiegend in Mehrfamilienhäusern: **Zum Beispiel kann mieterseitig ein Wunsch nach dem Einbau von LIS bestehen, welcher der Sorge des Vermieters vor Kostenrisiken hinsichtlich einer möglicherweise erforderlichen Verstärkung des Netzanschlusses gegenübersteht und daher verweigert wird**. Beim Wunsch des Vermieters nach Aufwertung eines Mietobjekts durch den Einbau von LIS stellt sich wiederum die Frage nach den Grenzen der durch die Mieter zu duldenden Kosten. Solche und weitere Konstellationen aufgreifend, wurde schon 2014 zunehmend die Rechtsunsicherheit bei der Schaffung privater Lademöglichkeiten aufgezeigt und Anpassungsbedarfe in der Literatur diskutiert.[239]

Ein bereits 2016 eingebrachter Entwurf zur Verbesserung der Rechtslage unterfiel jedoch der Diskontinuität und wurde erst Anfang 2018 wortgleich dem Bundestag erneut zugeleitet.[240] Der Bundestagsentwurf 2018 sieht im Hinblick auf das Mietrecht das Einfügen eines neuen § 554b BGB vor und ist bisher noch unberaten.[241] Inhalt der Entwurfsvorschrift ist ein Verweis auf den bereits vorhandenen § 554a BGB mit dem Ziel, im Gleichlauf zum dort geregelten Anspruch auf Einbauten zur Herstellung von Barrierefreiheit einen ebensolchen Anspruch für den Einbau von Ladeeinrichtungen herzustellen.

Im Sommer 2018 wurde zur Abstimmung der Lösungsoptionen eine Bund-Länder-Gruppe gebildet. **Die zwischenzeitlich veröffentlichten Empfehlungen der NPM aus März 2019[242] heben die Verzögerungen bei der Anpassung von Miet- und Wohnungseigentumsrecht als „zentrales Hemmnis“** hervor.[243] Eine Stellungnahme der Bund-Länder-Gruppe liegt seit Sommer 2019[244] vor, dem BMJV zufolge soll ein entsprechender Gesetzentwurf bis Ende 2019 ausgearbeitet werden.

[238] Der nachfolgende Teil beruht auf der Darstellung zum Stand des Gesetzgebungsverfahrens in folgendem Aufsatz: Rodi, Hartwig, & Pfeifer, Kommt der Rechtsanspruch auf die private Ladestation? Stand und Kommentar zu Elektromobilität: Reformvorhaben im Mietrecht, 2019.
[239] Rodi & Hartwig, Elektromobilität in der Tiefgarage. In: ZUR 2014, 2014.
[240] Deutscher Bundestag, 2018b.
[241] Deutscher Bundestag – Dokumentations- und Informationssystem für Parlamentarische Vorgänge, 2019.
[242] Vgl. Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, 2019a.
[243] Ebd. S. 8.
[244] Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz, 2019.

Das oben genannte, geforderte Förderprogramm kann seine Wirkung nicht entfalten, wenn Hauseigentümer, Wohnungsmieter und Netzanschlussbetreiber nicht auf einen grundständigen Rechtsrahmen mit sinnvoll verteilten Verantwortungen zurückgreifen können. Diese Anpassungen kann nur der Bundesgesetzgeber leisten. Der Gesetzentwurf dürfte auch umsetzungsreif sein – hinsichtlich der Regelungsstandorte (BGB-Mietrecht, Wohnungseigentumsgesetz), hinsichtlich des Regelungsgehaltes (Duldungsanspruch von Vermieter bzw. Eigentümergemeinschaft gegenüber dem Einbau von Ladeinfrastruktur bei angemessenem Ausgleich von Kosten- und Sicherheitsrisiken) liegen mit dem Entwurf von 2018 sowie dem „Diskussionsentwurf" des BMJV qualifizierte Vorschläge vor. Zentrale Lösungsoption für diesen Bereich ist die Umsetzung der bereits vorbereiteten bundesgesetzlichen Regelung.

In den Blick zu nehmen sind dabei auch die **verwandten Diskussionen rund um die energetische Sanierung des Gebäudebestands** (vgl. 3.2, insbesondere 3.2.3 „Sanierung vermieteten Wohnraums"). Diese unterscheiden sich im Einzelnen zwar von der Installation von Ladeinfrastruktur, gemeinsame Fragen ergeben sich aber nicht zuletzt hinsichtlich eines tragfähigen Ausgleichs von Mehrkosten angesichts langer Investitionszyklen. Eine verknüpfte Betrachtung und ggfs. gemeinsame Lösung sind notwendig, um einer Abfolge unzureichend abgestimmter Regelungen vorzubeugen.

### 3.3.4 Fehlende Routinen der Verwaltung

Die vielerorts noch fehlenden Routinen der kommunalen Verwaltung im Umgang mit der Beantragung und Genehmigung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Straßenland in Verbindung mit einem zielführenden Konzept zu deren Errichtung bilden ein relevantes Hemmnis für einen zügigen und in seinem Umfang angemessenen Ausbau. Dies betrifft beispielsweise nicht nur die erforderlichen Genehmigungsvorgänge (u. a. straßenverkehrsrechtliche Anordnung zur Ausweisung von Parkständen an Ladeeinrichtungen, Sondernutzungserlaubnis, ggfs. Denkmalschutzbelange), sondern auch die planerische Auswahl geeigneter Ladestandorte mit bereits vorhandener oder absehbarer Nachfrage unter Berücksichtigung der technischen und verkehrlichen Ortsspezifika. Für letztgenanntes sind personelle und technische Ressourcen ebenso wie fundiertes Wissen über die geltenden Rechtsvorschriften (u.a. Ladesäulenverordnung) für den Betrieb von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum, relevanten Verkehrsrelationen, Anschlussmöglichkeiten an das Niederspannungsnetz, unterschiedlichen Ladetechniken und die in Frage kommenden Nutzergruppen erforderlich.

Neben den vorstehend benannten Fachkenntnissen, welche bei den Straßenbaulastträgern (i. d. R. Straßen- und Grünflächenämter, Tiefbauämter), Straßenverkehrsbehörden und vorgelagerten Behörden noch nicht grundsätzlich vorhanden sind, wirken zudem die vielfach noch nicht etablierten verwaltungsinternen Prozessabläufe hemmend auf den Auf- und Ausbau von Ladeinfrastruktur. Diese können sich, da viele verschiedene Verwaltungsbereiche von den Veränderungen erfasst sind, nur in kooperativer Abstimmung auch bisher sachlich getrennter Verwaltungsbereiche entwickeln, was vielerorts durch Querschnittsgruppen oder informelle Vernetzung auch bereits geschieht und zum Teil durch entsprechende Verwaltungsvorschriften verdeutlicht werden sollte. Auch die Schaffung von **zusätzlichen Personalressourcen bei den Straßenbaulastträgern** zur Bearbeitung von Anträgen und Genehmigungen für die Errichtung von Ladeinfrastruktur, die **Weiterbildung** des **Verwaltungspersonals** zu den Rechtsvorschriften für den Betrieb und zur Standortauswahl von Ladeinfrastruktur, gehören zu den notwendigen Anpassungen. Neben den fachlich-thematischen Qualifikationsaspekten ist die **Implementierung von effizienten und einheitlichen Verwaltungsabläufen** zur Abarbeitung von LIS-Anträgen als wesentliche Lösungsoption hervorzuheben.

### 3.3.5 Umsetzung der Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie

**Kein Hemmnis, sondern Treiber** für den weiteren Aufbau von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Raum, insbesondere auch in privat bewirtschafteten Parkgaragen, kann die **Umsetzung der 2018 angepassten EU-Gebäudeeffizienzrichtlinie („EPBD 2018“)**[245] sein: Hiernach werden bis 2020 ambitionierte Vorgaben für die Ausstattung von Nichtwohngebäuden und Wohngebäuden mit mehr als zehn Stellplätzen umzusetzen sein. Vorgesehen sind bei Neubau und größerer Renovierung von Nichtwohngebäuden mindestens ein Ladepunkt gemäß AFID sowie Leitungsinfrastruktur (Schutzrohre) für mindestens jeden 5. Stellplatz; bei Wohngebäuden Leitungsinfrastruktur für jeden Stellplatz. Sofern das Gebäude keiner der ebenfalls vorgesehenen Ausnahmen unterfällt, wäre zum Beispiel eine Quartiersgarage mit 80 Stellplätzen mit acht Lademöglichkeiten (zum Beispiel vier Ladesäulen mit jeweils zwei Ladepunkten) und ausreichenden Schutzrohren für 16 weitere Ladepunkte auszustatten. Vonseiten der Industrie- und Handelskammern sowie Handwerksverbände wurden diese Vorgaben im Anhörungsverfahren 2017 hinsichtlich der Förderung von Elektromobilität einerseits grundsätzlich positiv bewertet. Unter Aspekten der hohen Investitionskosten und Gefahr von sich langfristig auswirkenden Fehlinvestitionen, sollten sich andere alternative Mobilitätsformen als die batterieelektrische Elektromobilität durchsetzen, wurden sie dagegen sehr kritisch betrachtet.

Die in der **EU-Gebäuderichtlinie enthaltenen Anforderungen an die Ausrüstung von Stellplätzen auf privatem Grund mit Ladeinfrastruktur** stellen einen wesentlichen Ansatzpunkt dar. Für die Umsetzung auf Bundesebene bietet sich eine Übernahme entsprechender Vorschriften in die Musterbauordnung (MBO) bzw. die kommunalen Stellplatzsatzungen an, wobei eine bundeseinheitliche Ausgestaltung angestrebt werden sollte. Um den regionalen Besonderheiten gerecht zu werden, dürfte sich eine Kombination aus der Vorgabe absoluter Mindestanzahlen installierter Ladepunkte und weiteren im Verhältnis zu den jeweiligen Gesamtzahlen von Stellplätzen bestimmbaren Ladepunkten als zielführend erweisen, wie auch die EPBD sie bereits vorsieht. Weitere, über die Installation von Ladeinfrastruktur hinausgehende, aber verknüpfte Hemmnisse und Lösungsoptionen für den Gebäudebereich finden sich in Teil C – Kapitel 3.2.

## 3.4 Thema: Urbaner Waren- und Güterverkehr

### 3.4.1 Lieferzonen, Paketstationen und Mikro-Hubs

Für innovative, nachhaltige Lösungen im Waren- und Güterverkehr sind im öffentlichen Straßenraum zum Teil Neuaufteilungen vorzunehmen, zum Beispiel für Lieferzonen. Dies betrifft den Rahmen des Straßen- und Straßenverkehrsrechts **(StVG[246], StVO, Verwaltungsvorschrift zur StVO (VwV-StVO)[247], Landesstraßengesetze**). Auch für Konzepte wie Mikrologistik-Infrastrukturen (Paketstationen, „Bento-Boxen”) stellen sich – bei Errichtung auf öffentlichem Straßenland – Fragen der **straßenrechtlichen Sondernutzung (behördliche Genehmigungen).** Je nach Landesstraßenrecht und Verwaltungspraxis müssen unter Umständen lediglich Vorgaben innerhalb der Verwaltung zur Zulässigkeit solcher Konzepte erlassen werden, daneben können ausschreibungs- und **vergaberechtliche Vorschriften bei der Vergabe von Konzessionen für bestimmte Liefergebiete** relevant sein. Insoweit zum Beispiel Leerfahrten durch eine gemeinsame Nutzung von Lieferfahrzeugen

[245] Richtlinie 2018/844/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz.
[246] Straßenverkehrsgesetz (StVG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2003 (BGBl. I S. 310, 919), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 430) geändert worden ist.
[247] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO) vom 26. Januar 2001 in der Fassung vom 22. Mai 2017 (BAnz AT 29.05.2017 B8). StromNZV).

vermindert werden sollen, werden auch privatrechtliche Vereinbarungen zwischen Lieferunternehmen erforderlich.

Als Lösungsoptionen bieten sich daneben auch die **Integration von Flächensicherungsaspekten für Güterverkehrseinrichtungen in den Landesbauordnungen** (zum Beispiel in einer VwV bzw. AV) sowie **die Berücksichtigung von Flächen** für die Errichtung von Mikro-Hubs im Kontext von **Baugenehmigungen an.** Die **Einziehung** bzw. **Teileinziehung** – wenn im jeweilig geltenden Landesstraßengesetz vorgesehen – von Flächen des öffentlichen Straßenlandes kann ebenfalls zur Errichtung von Mikro-Hubs in Erwägung gezogen werden. Darüber hinaus kann die Kommune eigene Flächen für Güterverkehrszwecke bereitstellen sowie nicht mehr genutzte Flächen durch Umwidmung diesem Zweck zuführen.

Auf die hinsichtlich Flächensicherung für bestimmte Zwecke thematisch verwandten Ausführungen unter 3.4 (Wärmeinfrastruktur) und die dargestellten Fragen der Bauleitplanung wird für eine integrierte Betrachtung verwiesen.

### 3.4.2 Lärmschutz und Genehmigungspraxis

Nachtbelieferungen erfordern Ausnahmen von den länderseitigen Immissionsschutzgesetzen, die mit Auflagen an Fahrzeuge und Anlagen verbunden werden können.

Es gibt in Deutschland derzeit zwar keine generelle Regelung für den Schutz vor Straßenverkehrslärm. Der Lärm, der durch Anlieferungen verursacht wird, fällt jedoch in die Kategorie des **Gewerbelärms**: Vorgaben für dessen Höchstgrenzen ergeben sich daher aus dem **Bundesimmissionsschutzgesetz (BImschG)**[248] sowie der **Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)**[249], einer Verwaltungsvorschrift. Danach müssen nachts (von 22.00 – 06.00 Uhr) in reinen Wohngebieten Richtwerte von 35 dB(A) (bewerteter Schalldruckpegel in Dezibel), in urbanen Gebieten von 45 dB(A), eingehalten werden.

Vorschriften über den Schutz der Sonn- und Feiertags- sowie der Nachtruhe ergeben sich auch aus einigen **Landesimmissionsschutzgesetzen (zum Beispiel § 9 LImschG NRW**[250]**, §§ 3, 4 LImschG Bln**[251]**)** oder **Lärmschutzgesetzen.** So ermöglicht das Niedersächsische Lärmschutzgesetz (NLärmSchG)[252], dass Gemeinden durch Verordnung Verschärfungen oder Erleichterungen bestimmter Vorgaben vornehmen können.

Grenzen und Spielräume der Landes-Immissionsschutzregulierung und im Lärmschutz können im Einzelnen in landesrechtlichen oder gemeindlichen Vorgaben voneinander abweichen – eine möglichst frühzeitige Verständigung mit den zuständigen Behörden bzw. Ämtern ist daher notwendig.

Außerhalb der Nachtruhe dürfen Warenanlieferungen in der Nachbarschaft von Wohnräumen nur so lärmarm wie möglich und nur im unbedingt erforderlichen Umfang durchgeführt werden.

Zur Einhaltung des Lärmschutzes für Nachtbelieferungen sensibler urbaner Bereiche ist die Definition von bundesweiten technischen Standards als eine relevante Lösungsoption zu forcieren. Weiterhin kann die Förderung von geräuscharmen Lkw durch Sondergenehmigungen für die Belieferung in Ruhezeiten in Verbindung mit der Entwicklung ortsspezifischer Nachtlieferkonzepte unterstützend wirken. Die Berücksichtigung von

[248] Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432) geändert worden ist.

[249] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBl Nr. 26/1998 S. 503), die zuletzt durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5) geändert worden ist.

[250] Landes-Immissionsschutzgesetz Nordrhein-Westfalen vom 18. März 1975, das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 20. September 2016 (GV. NRW. S. 790) geändert worden ist.

[251] Landes-Immissionsschutzgesetz Berlin vom 5. Dezember 2005 (GVBl. S. 735), das durch Gesetz vom 3. Februar 2010 (GVBl. S. 38) zuletzt geändert worden ist.

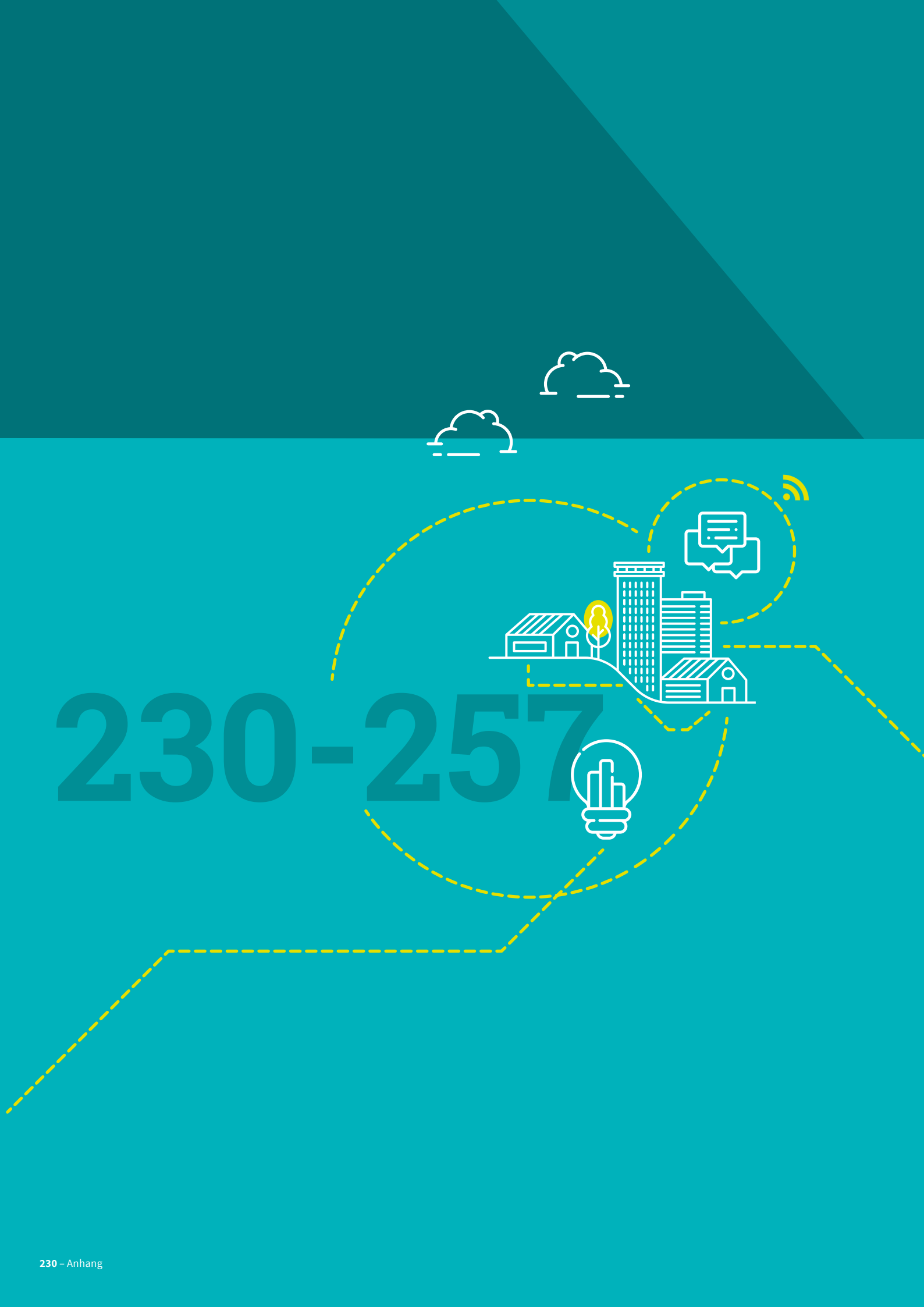
[252] Niedersächsisches Lärmschutzgesetz vom 10. Dezember 2012 (GVBl. 2012, 562).

baulichen Lärmschutzmaßnahmen bei der Modernisierung oder Neuerrichtung von Einzelhandelsgeschäften ist ebenfalls in Erwägung zu ziehen.

### 3.4.3 Verfügbarkeit geeigneter Transportfahrzeuge

Die neu eingeführte $CO_2$-Emissionsregelung für Nutzfahrzeuge wird die Angebotserweiterung an emissionsarmen bzw. emissionsfreien Fahrzeugmodellen unterstützen. Eine zulassungsrechtliche Definition von emissionsfreien Nutzfahrzeugen analog zur Definition von Elektrofahrzeugen durch den Bundesgesetzgeber und die EU ist überfällig, wobei eine technikneutrale Regelung Vorrang erhalten sollte. Die zunehmende Einführung von Verkehrsbeschränkungen für Dieselfahrzeuge unterstützt die Flottenerneuerung und trägt zur verstärkten Nachfrage nach emissionsarmen bzw. emissionsfreien Fahrzeugmodellen bei.

Eine koordinierte Beschaffung von Fahrzeugen durch Flottenbetreiber kann zudem eine für den (Groß-)Serienhersteller von Nutzfahrzeugen relevante Nachfrage erzeugen, die zu einem entsprechenden Marktangebot an besonders emissionsarmen bzw. emissionsfreien Fahrzeugmodellen führt.



# 230-257

# Anhang

# Abbildungsverzeichnis

**Abbildung 1** Verteilung von Fläche und Bevölkerung ..... Teil A ..... 17
**Abbildung 2** Leitbild Urbane Energiewende ..... Teil A ..... 23
**Abbildung 3** Das integrierte Energiesystem der Zukunft ..... Teil A ..... 29
**Abbildung 4** Berliner Stromverbrauch und Solarpotenzial nach Gebäudenutzungen ..... Teil A ..... 35
**Abbildung 5** Verwendungssektoren, Energieträger und Infrastrukturen ..... Teil A ..... 38
**Abbildung 6** Energieträger Wärme am Beispiel Berlin ..... Teil A ..... 46
**Abbildung 7** Berechnung und Gegenüberstellung von Wärmegestehungskosten ..... Teil A ..... 49
**Abbildung 8** Urbane Verkehre mit innovativen Technologien/Zustellungskonzepten ..... Teil A ..... 58
**Abbildung 9** Matrix Integrierte Sektor und Infrastrukturkopplung Wärme/Kälte ..... Teil B ..... 5
**Abbildung 10** Szenario 1: Hoher EE-Anteil im Stromsystem ..... Teil B ..... 6
**Abbildung 11** Szenario 2: Niedriger EE-Anteil im Stromsystem ..... Teil B ..... 6
**Abbildung 12** Siedlungstypen im urbanen Raum ..... Teil B ..... 8
**Abbildung 13** Themenfelder als Ausgangsbasis der Projektbearbeitung ..... Teil B ..... 9
**Abbildung 14** Übersicht Ansätze und Konzepte ..... Teil B ..... 12
**Abbildung 15** Quader zur Wärmeversorgung im urbanen Raum ..... Teil B ..... 13
**Abbildung 16** Grafische Darstellung der Zieldimensionen und Unterkategorien ..... Teil B ..... 14
**Abbildung 17** Im Bericht dargestellte Praxisprojekte ..... Teil B ..... 15
**Abbildung 18** Weitere analysierte Praxisbeispiele ..... Teil B ..... 16
**Abbildung 19** Gesamtauswertung der untersuchten Praxisbeispiele ..... Teil B ..... 17
**Abbildung 20** Gesamtauswertung der Konzepte ..... Teil B ..... 19
**Abbildung 21** Verkehrsmittel im Umweltverbund ..... Teil B ..... 73
**Abbildung 22** Übersicht Themen Regulatorische Herausforderungen ..... Teil C ..... 4
**Abbildung 23** Entwicklung Nettozubau installierte Leistung zur EE-Stromerzeugung ..... Teil C ..... 5
**Abbildung 24** Berechnungsmodell für die Sonderabgabe von Windenergieanlagen ..... Teil C ..... 7
**Abbildung 25** Stromnebenkosten für Letztverbraucher ..... Teil C ..... 12
**Abbildung 26** Stromnebenkosten bei einer Kundenanlage ..... Teil C ..... 21
**Abbildung 27** Gegenüberstellung von Wärmegestehungskosten ..... Teil C ..... 37

# C1 Literaturverzeichnis

**Agentur für Erneuerbare Energien. (2016).** *Die kommunale Wärmeplanung. Ein wichtiger Treiber der Wärmewende. In: Renews Spezial, Nr. 79.*

**Agentur für Erneuerbare Energien. (2018).** *Die Digitalisierung der Energiewende.*

**AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (2013).** *Transformationsstrategien Fernwärme.*

**AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (2017).** *AGFW-Regelwerksbaustein FW 314 veröffentlicht - Umsetzung der Wärmelieferverordnung wird erleichtert*. Abgerufen am 29. 08. 2019 von https://www.agfw.de/energiewirtschaft-recht-politik/wirtschaft-und-markt/waermelv-fw-314/

**AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (2018).** *AGFW – Hauptbericht 2017.*

**Agora Energiewende . (2018).** *Stromnetze für 65 Prozent Erneuerbare bis 2030, Zwölf Maßnahmen für den synchronen Ausbau von Netzen und Erneuerbaren Energien.*

**Agora Energiewende / Team Ewen GbR / Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (2018).** *Wie weiter mit dem Ausbau der Windenergie?*

**Agora Verkehrswende. (2017).** *Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern - 12 Thesen zur Verkehrswende.*

**Agora Verkehrswende. (2018a).** *Öffentlicher Raum ist mehr wert, Rechtsgutachten.*

**Agora Verkehrswende. (2018b).** *Bikesharing im Wandel - Handlungsempfehlungen für deutsche Städte und Gemeinden zum Umgang mit stationslosen Systemen.*

**Agora Verkehrswende. (2019a).** *Klimabilanz von Elektroautos – Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial.*

**Agora Verkehrswende. (2019b).** *Parkraummanagement lohnt sich! Leitfaden für Kommunikation und Verwaltungspraxis.*

**Ahrens, G.-A. 2007. (2007).** *Das Fahrrad in der integrierten Verkehrsplanung. Präsentation auf der ADFC-Tagung im Rahmen des EU-INTERREG Projektes „Baltic Sea Cycling" Radverkehr für eine nachhaltige Stadtentwicklung am 08.11.2007.*

**Alexander von Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft und co2online. (2018).** *SMART ENERGY IN DEUTSCHLAND.* Abgerufen am 21. 10. 2019 von https://www.hiig.de/publication/smart-energy-deutschland-wie-nutzerinnovationen-die-energiewende-voranbringen/

**Amt für Statistik Berlin Brandenburg. (o.J.).** *Energie- und CO2-Bilanz im Land Berlin 2016.*

**Amt für Statistik Berlin Brandenburg. (o.J.).** *Energie- und CO2-Bilanz im Land Berlin 2016*. Abgerufen am 15. 07. 2019 von https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/stat_berichte/2019/SB_E04-04-00_2016j01_BE.xlsx

**Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (2018).** *Daten und Fakten - Bilanzen 1990-2017: Bilanz 2016*. Abgerufen am 26. 06. 2019 von https://ag-energiebilanzen.de/7-0-Bilanzen-1990-2017.html

**Assmann, L., & Peiffer, M. (2018).** *Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz mit KWK-Ausschreibungsverordnung. Kommentar.*

**Ausfelder & Dura et al. (2018).** *1. Roadmap des Kopernikus-Projektes „Power-to-X“: Flexible Nutzung erneuerbarer Ressourcen (P2X) - Optionen für ein nachhaltiges Energiesystem mit Power-to-X Technologien – Herausforderungen, Potenziale, Methoden, Auswirkungen. Gefördert durch das Bundesm.*

**Battis, U., Krautzberger, M., & Löhr, R. (2016).** *Baugesetzbuch. Kommentar. 13. Auflage.*

**Bayerisches Landesamt für Datenschutzaufsicht. (2019).** *Beratung.* Abgerufen am 03. 07. 2019 von https://www.lda.bayern.de/de/beratung.html

**Becker Büttner Held . (2018).** *Wärmewendestudie: Die Wärmewende und ihre Auswirkungen auf die Gasverteilnetze. Management Summary.*

**Begleitforschung Smarte Service Welt II / Institut für Innovation und Technik. (2019).** *Anwendung Künstlicher Energie im Energiesektor.*

**Behörde für Umwelt und Energie Hamburg. (2018).** *Energiebericht 2017 für öffentliche Gebäude der Freien und Hansestadt Hamburg und Marktüberwachung energieverbrauchsrelevanter Produkte.* Hamburg.

**Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation Hamburg. (2016).** *Verkehrsgewerbeaufsicht untersagt „Wundercar“ die Vermittlung von Touren.* Abgerufen am 03. 05. 2019 von https://www.hamburg.de/pressemeldungen/4324116/wundercar-06-06-2014/

**Bergner, J., Siegel, B., & Quaschning, V. (2018).** *Das Berliner Solarpotenzial - Kurzstudie zur Verteilung des solaren Dachflächenpotenzials im Berliner Gebäudebestand.*

**Berkel, M. (2018).** *Evaluierungsbericht: Gutachter wollen KWK-Gesetz nur bis 2025 verlängern. In: energate messenger+.* Abgerufen am 23. 05. 2019 von https://www.energate-messenger.de/news/186723/gutachter-wollen-kwk-gesetz-nur-bis-2025-verlaengern

**Berndt, F., & Blümel, H. (2003).** *ÖPNV quo vadis? – Aufforderung zu verkehrspolitischen Weichenstellungen im ÖPNV. WZB Discussion Paper SP III 2003-106.*

**Bieberbach, F., & Geller, M. (2015).** *Entwurf eines technischen und ökologischen Strukturwandels in der Fernwärmeversorgung.*

**Birkner, P. (2013).** *Systemintegration erneuerbarer Energiequellen – Das neue Energiesystem und die besondere Rolle des urbanen Raums. In: uwf Umweltwirtschaftsforum 3-4/2013.*

**Blümel, H. (1998).** *Elemente einer zielorientierten Abgabenkonzeption. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 48/1998.*

**Blümel, H., & Herrmann-Fiechtner. (2017).** *Carsharing und seine Wirkung auf den Parkraum am Beispiel von stationsunabhängigen Angeboten.*

**Blümel, H., & Petersen, R. (2012).** *Energieverbrauch und Kohlendioxidemissionen der motorisierten Stadtverkehrsmittel. In: Bracher et al. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, Loseblattwerk.*

**Borcherding, A., Hartwig, K., & Karl, A. (2010).** *Fahrradfahren für Fortgeschrittene: Evaluation der Barrieren und Hindernisse der Beteiligung von Städten und Kommunen am Wettbewerb, Modellversuch Innovative öffentliche Fahrradverleihsysteme – Neue Mobilität in Städten, WZB Discussion Paper, No. SP III 2.*

**Borderstep Institut. (2017).** *Finanzierungs- und Geschäftsmodelle für das Dezentrale Energiemanagement in Quartieren, Berlin.*

**Brauner, G. (2019).** *Systemeffizienz bei regenerativer Stromerzeugung, Strategien für effiziente Energieversorgung bis 2050. Wiesbaden.*

**Bundesamt für Energie. (2004).** *Abwärmenutzung aus Abwasser – Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen.*

**Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. (2018).** *Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2018.*

**Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. (2019a).** *Intelligente Stromnetze: BSI veröffentlicht Marktanalyse.* Abgerufen am 24. 05. 2019 von https://www.bsi.bund.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Presse2019/Marktanalyse_Smart-Metering_310119.html

**Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. (2019b).** *Zertifizierte Produkte - Intelligente Messsysteme.* Abgerufen am 27. 05. 2019 von https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ZertifizierungundAnerkennung/Produktzertifizierung/ZertifizierungnachCC/ZertifizierteProdukte/Intelligente_Messsysteme/Intelligente_Messsysteme_node.html

**Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (2018).** *Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0 MODUL II: Merkblatt zur Antragstellung und den förderfähigen Ausgaben.*

**Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (2019a).** *Heizen mit Erneuerbaren Energien - Wärmepumpe - Anlagen im Gebäudebestand*. Abgerufen am 06. 08. 2019 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Waermepumpen/Gebaeudebestand/standard_node.html

**Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (2019b).** *Heizen mit Erneuerbaren Energien - Wärmepumpe - Innovations- und Zusatzförderung*. Abgerufen am 06. 08. 2019 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Waermepumpen/Neubau/Innovations_Zusatzfoerderung/innovations_zusatzfoerderung_node.html

**Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (2019c).** *Merkblatt zu den CO2- Faktoren.*

**Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. (2017).** *Smart City Charta – Digitale Transformation in den Kommunen nachhaltig gestalten, Bonn/Berlin.*

**Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. (2018).** *Verkehrlich-Städtebauliche Auswirkungen des Online-Handels.*

**Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. (2019).** *Nachdenken über die Stadt von Übermorgen, BBSR-Online-Publikation Nr. 11/2019.*

**Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz. (2019).** *Abschlussbericht der Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Reform des Wohnungseigentumsgesetzes (WEG).* Abgerufen am 13. 08. 2019 von https://www.bmjv.de/SharedDocs/Downloads/DE/News/PM/082719_Abschlussbericht_Reform_WEG.pdf?__blob=publicationFile&v=3

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2007).** *Leipzig-Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt, angenommen anlässlich des informellen Ministertreffens zur Stadtentwicklung und zum territorialen Zusammenhalt in Leipzig am 24./25. Mai 2007.*

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2011).** *Geothermische Stromerzeugung – Kraftwerkstechnologien und Technologien zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme.*

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2016).** *Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung.*

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2017).** *Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen in der Zeitreihe 2005 2014.*

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2016a).** *Begleitforschung zu den Modellregionen Elektromobilität des BMVI — Ergebnisse des Themenfeldes Flottenmanagement, Elektromobilität im Carsharing – Status quo, Potenziale und Erfolgsfaktoren.*

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2016b).** *Nationaler Strategierahmen über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe als Teil der Umsetzung der Richtlinie 2014/94/EU.*

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2017a).** *„Eigentumsordnung" für Mobilitätsdaten? – Eine Studie aus technischer, ökonomischer und rechtlicher Perspektive.*

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2017b).** *Verkehr in Zahlen 2017/2018.*

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2018a).** *Mobilität in Deutschland. Ergebnisbericht.*

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2018b).** *Mobilität in Deutschland - Tabellarische Grundauswertung, Tabelle AP19.2.*

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2018c).** *SmartStations: Die Haltestelle als Einstieg in die multimodale Mobilität.*

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2019a).** *Mobilität ind Deutschland - Analysen zum Radverkehr und Fußverkehr.* Abgerufen am 05. 08. 2019 von https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/aktuell/nachrichten/sonderbericht-analysen-zum-radverkehr-und

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2019b).** *Mobilität in Deutschland - Etappenkonzept: Auswertung eines Methoden-Zusatzes in der MiD 2017 und Exkurs zur Nahmobilität.* Abgerufen am 05. 08. 2019 von http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/infas_Etappenkonzept_MiD5431.pdf

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (o. J.).** *Eckpunkte für eine Novellierung des Personenbeförderungsrechts.*

**Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. (2008).** *Handlungsleitfaden zur energetischen Stadterneuerung.*

**Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. (2009a).** *Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien.*

**Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und. (2009b).** *Contracting im Mietwohnungsbau – 2. Sachstandsbericht.* Abgerufen am 04. 09. 2019 von

https://www.energiecontracting.de/2-politik-recht/energiepolitik/contracting-im-mietrecht/2010-12-09-BMVBS-Studie.pdf

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2015).** *Energieeffizienzstrategie Gebäude. Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand.*

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2016).** *Grünbuch Energieeffizienz. Diskussionspapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.*

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2017).** *Förderstrategie Energieeffizienz und Wärme aus erneuerbaren Energien. Handlungsempfehlungen zur Fortentwicklung der Beratungs- und Investitionsförderprogramme.*

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2019).** *Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung" - Abschlussbericht.* Abgerufen am 15. 07. 2019 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf?__blob=publicationFile

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2019a).** *Aktuelle Entwicklungen in der europäischen Datenwirtschaft, Monatsbericht 03-2019.*

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2019b).** *Deutschland macht's effizient*. Abgerufen am 16. 07. 2019 von Modellvorhaben für Wärmenetze der vierten Generation werden staatlich gefördert - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (Wärmenetze 4.0): https://www.deutschland-machts-effizient.de/KAENEF/Redaktion/DE/Foerderprogramme/modellvorhaben-waermenetze-4-0.html

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2019c).** *Informationsportal Erneuerbare Energien: Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2018*. Abgerufen am 23. 06. 2019 von https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Entwicklung/entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland.html

**Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. (2010).** *Energiekonzept - für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahbare Energieversorgung.*

**Bundesnetzagentur. (2018).** *Daten als Wettbewerbs- und Wertschöpfungsfaktor in den Netzsektoren – Eine Analyse vor dem Hintergrund der digitalen Transformation. Bonn.*

**Bundesnetzagentur. (2019).** *Monitoringbericht 2018.* Abgerufen am 19. 07. 2019 von https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2018/Monitoringbericht_Energie2018.pdf;jsessionid=DFDB9149B1EC1649761D4E00F88B5203?__blob=publicationFile&v=6

**Bundesregierung. (2019).** *Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030.* Abgerufen am 25. 08. 2019 von https://www.bundesregierung.de/resource/blob/997532/1673502/768b67ba939c098c994b71c0b7d6e636/2019-09-20-klimaschutzprogramm-data.pdf?download=1

**Bundesverband Carsharing e.V. (2016).** *Mehr Platz zum Leben – wie CarSharing Städte entlastet. Ergebnisse des bcs-Projektes „CarSharing im innerstädtischen Raum – eine Wirkungsanalyse".*

**Bundesverband Carsharing e.V. (2018a).** *30 Jahre CarSharing in Deutschland.*

**Bundesverband Carsharing e.V. (2018b).** *Nutzer und Mobilitätsverhalten in verschiedenen CarSharing-Varianten.*

**Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2017).** *Strategiepapier - Zukunft Wärmenetzsysteme.* Abgerufen am 27. 06. 2019 von https://www.bdew.de/media/documents/Stn_20170615_Strategiepapier-Zukunft-Waermenetzsysteme.pdf

**Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2019a).** *Energiemarkt Deutschland 2019.*

**Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2019b).** *Pressemitteilung: Rund 17.400 öffentliche Ladepunkte in Deutschland.* Abgerufen am 03. 06. 2019 von https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/rund-17400-oeffentliche-ladepunkte-in-deutschland/

**Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2019c).** *Energietrends – Umfrage zu bevorzugten Lademöglichkeiten durch prolytics market research.* Abgerufen am 29. 07. 2019 von https://www.bdew.de/media/documents/PI_20190225_ZdW_Bevorzugte-Lademoeglichkeit.pdf

**Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2019d).** *BDEW-Muster für CPO Bestandsmeldungen und Nachrüstplan für Ladeinfrastruktur*. Abgerufen am 24. 08. 2019 von Meldung von nicht mess- und eichrechtskonformer AC- und DC-Ladeinfrastruktur bei den Landeseichbehörden: https://www.bdew.de/energie/bdew-muster-fuer-cpo-bestandsmeldungen-und-nachruestplan-ladeinfrastruktur/

**Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2019e).** *BDEW-Strompreisanalyse Januar 2019. Haushalte und Industrie.*

**Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (2019).** *Das „BEE-Szenario 2030“ 65 Prozent Erneuerbare Energien bis 2030 – Ein Szenario des Bundesverbandes für Erneuerbare Energie e.V. (BEE).*

**Bundesverband Wärmepumpen e.V. (2018).** *Siedlungsprojekte und Quartierslösungen mit Wärmepumpe.*

**Bundeszentrale für Politische Bildung/Häussermann, H. (2012).** *Stadtstruktur.* Abgerufen am 23. 07. 2019 von http://www.bpb.de/politik/grundfragen/deutsche-verhaeltnisse-eine-sozialkunde/138637/stadtstruktur

**Bundeszentrale für politische Bildung/Keller, C. (2015).** *Problemviertel? Imageproduktion und soziale Benachteiligung städtischer Quartiere.* Abgerufen am 23. 07. 2019 von http://www.bpb.de/politik/innenpolitik/gangsterlaeufer/202834/problemviertel-image-und-benachteiligung

**CDU/CSU/SPD. (2018).** *Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. 19. Legislaturperiode.*

**Civity Management Consultants. (o.J.).** *Urbane Mobilität im Umbruch.*

**Danner, W., & Theobald, C. (2018a).** *Kommentar, Energierecht, 100. EL, Stand. Dezember 2018.*

**Danner, W., & Theobald, C. (2018b).** *Energierecht, 99. Contracting.*

**Datenethikkommission der Bundesregierung. (2019).** *Gutachten der Datenethikkommission der Bundesregierung.*

**Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2016).** *dena-Gebäudereport: Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand.*

**Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2017).** *Plattform Digitale Energiewelt. Chancen und Herausforderungen der digitalen Energiewelt am Beispiel „Pooling“.*

**Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2018a).** *dena-Analyse. Schnittstellen und Standards für die Digitalisierung der Energiewende - Übersicht, Status quo und Handlungsbedarf.*

**Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2018b).** *dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050.*

**Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2018c).** *Ergebnispapier der Taskforce Netzentgelte: Impulse zur Weiterentwicklung der Netzentgeltsystematik. Industrielles Verbrauchsverhalten im Rahmen der Energiewende netzdienlich gestalten.*

**Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2019a).** *Pressemitteilung: dena-Gebäudereport: Sanierungsrate weiterhin viel zu gering. Berlin.* Abgerufen am 24. 06. 2019 von https://www.dena.de/de/newsroom/meldungen/2017/dena-gebaeudereport-sanierungsrate-weiterhin-viel-zu-gering/

**Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2019b).** *dena-Factsheet: Das Energiesprong Prinzip.* Abgerufen am 08. 07. 2019 von https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-Factsheet_Energiesprongprinzip.pdf

**Deutsche Energie-Agentur GmbH/Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. (2018).** *Pilotprojekt zur Einführung des individuellen Sanierungsfahrplans.*

**Deutsche Kommission Elektrotechnik – Elektronik – Informationstechnik in DIN und VDE. (2016).** *Der Technische Leitfaden Ladeinfrastruktur Elektromobilität – Version 2.*

**Deutsche Post DHL Group. (2019a).** *Registrierung für Packstation Inhouse.* Abgerufen am 27. 06. 2019 von https://www.dhl.de/de/geschaeftskunden/paket/leistungen-und-services/versandhaendler-information/registrierung_packstation_inhouse.html

**Deutsche Post DHL Group. (2019b).** *Pressemitteilung: Deutsche Post DHL Group baut Netz der DHL Packstationen bis 2021 deutlich auf rund 7.000 Automaten aus.* Abgerufen am 21. 07. 2019 von https://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2019/dpdhl-group-baut-netz-der-dhl-packstationen-bis-2021-auf-rund-7000-automaten-aus.html

**Deutscher Bundestag – Dokumentations- und Informationssystem für Parlamentarische Vorgänge. (2019).** *Basisinformation über den Vorgang (ID:19-230327).* Abgerufen am 05. 09. 2019 von http://dipbt.bundestag.de/extrakt/ba/WP19/2303/230327.html

**Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste. (2011).** *Klimaschutz als kommunale Pflichtaufgabe, Ausarbeitung WD 3 – 3000 – 118/11.*

**Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste. (2017).** *Primärenergiefaktoren, Sachstand WD 5 – 3000 – 103/16.*

**Deutscher Bundestag. (2011).** *Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und FDP – Drucksache 17/6074 – Entwurf eines Gesetzes zur steuerlichen Förderung von energetischen Sanierungsmaßnahmen an Wohngebäuden.*

**Deutscher Bundestag. (2012).** *Gesetzentwurf der Bundesregierung - Drucksache 17/10485 – Entwurf eines Gesetzes über die energetische Modernisierung von vermietetem Wohnraum und über die vereinfachte Durchsetzung von Räumungstiteln.*

**Deutscher Bundestag. (2016).** *Gesetzentwurf der Bundesregierung – Drucksache 18/7555 – Entwurf eines Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende.*

**Deutscher Bundestag. (2018a).** *Drucksache 19/5641: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Ingrid Nestle, Tabea Rößner, Dieter Janecek, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/4823 – Sicherstellung der Digitalisierung der.*

**Deutscher Bundestag. (2018b).** *Gesetzentwurf des Bundesrates - Drucksache 19/401 - Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Wohnungseigentumsgesetzes und des Bürgerlichen Gesetzbuchs zur Förderung der Barrierefreiheit und Elektromobilität.*

**Deutscher Bundestag. (2019a).** *Drucksache 19/10365: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Daniela Wagner, Christian Kühn (Tübingen), Markus Tressel, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/9823 – Stadtentwicklungspoliti.*

**Deutscher Bundestag. (2019b).** *Drucksache 19/9775: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Julia Verlinden, Christian Kühn (Tübingen), Lisa Badum, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/8819 – Geplantes Gebäudeenergi.*

**Deutscher Bundestag. (2019c).** *Drucksache 19/10350 vom 20.05.2019: "Taxigewerbe schützen".*

**Deutsches Institut für Urbanistik. (2012).** *Difu-Berichte 1/2012 - Energiewende - eine strategische Herausforderung fü die Städte.* Abgerufen am 26. 06. 2019 von https://difu.de/publikationen/difu-berichte-12012/energiewende-eine-strategische-herausforderung-fuer-die.html

**Deutsches Institut für Urbanistik. (2014).** *Elektromobilität in der Stadt- und Verkehrsplanung. Praxiserfahrungen aus dem Modellregionen und weitere Wissensbedarfe.*

**Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum. (2015).** *Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland. Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung.*

**Diermann, R. (2019).** *pv-magazine: Umfrage: Fast drei Viertel der Deutschen wollen auch künftig Förderung von Photovoltaik-Anlagen auf Dächern*. Abgerufen am 28. 06. 2019 von https://www.pv-magazine.de/2019/04/23/umfrage-fast-drei-viertel-der-deutschen-wollen-auch-kuenftig-foerderung-von-photovoltaik-anlagen-auf-daechern/

**Dräbing, T. (2019).** *Uber gegen Taxi. Straßenkampf in Berlin. In: Berliner Zeitung.* Abgerufen am 04. 06. 2019 von Berliner Zeitung: https://www.berliner-zeitung.de/berlin/verkehr/uber-gegen-taxi-strassenkampf-in-berlin-31900954

**Dürr, T., & Heyner, J.-C. (2017).** *Virtuelle Kraftwerke für Smart Markets. In: Doleski, O. D. (Hrsg.): Herausforderung Utility 4.0. Wiesbaden.*

**EEBus Initiative e.V. (2019).** *Über uns.* Abgerufen am 23. 07. 2019 von https://www.eebus.org/ueber-uns/

**EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH. (2013).** *Wärmeversorgung mit Wärmepumpe und Abwasserkanal-Wärmetauscher.*

**Ellner, M., Schumacher, O., & Hartwig, M. (2018).** *Interreg-Project mamba - Pre-study report on legal determinants for innovative rural mobility solutions.* Abgerufen am 31. 05. 2019 von https://www.mambaproject.eu/wp-content/uploads/2018/08/GoA_2.4_Legal-pre-study_IKEM.pdf

**Ellner, M., Schumacher, O., & Pfeifer, F. (2019).** *Die Mobilitätszentrale aus öffentlich-rechtlicher Perspektive, in: ZUR 3/2019.*

**Energie Experten. (2019).** *Mieterstrom-Modelle zur Eigenstromnutzung und -vermarktung im Experten-Check.* Abgerufen am 15. 06. 2019 von https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/direktvermarktung/mieterstrom.html

**EnergieAgentur.NRW. (2016).** *Flexibilität: Eine wichtige Säule der Energiewende. Flexible Lösungen aus und für Nordrhein-Westfalen.*

**Energynautics GmbH; Öko-Institut e.V. & Bird&Bird LLP. (2014).** *Verteilnetzstudie Rheinland-Pfalz - Endbericht.* Abgerufen am 16. 08. 2019 von https://mwkel.rlp.de/fileadmin/mwkel/Abteilung_6/Energie/Verteilnetzstudie_RLP.pdf

**Erhardt, G., Roy, S., Cooper, D., Sana, B., Chen, M., & Castiglione, J. (2019).** *Do transportation network companies decrease or increase congestion? In: Science Advances 5/2019.*

**Ernst & Young GmbH. (2016).** *Stadtwerkestudie: Digitale Geschäftsmodelle.*

**Ernst & Young GmbH. (2018).** *Barometer Digitalisierung der Energiewende – Ein neues Denken und Handeln für die Digitalisierung der Energiewende Berichtsjahr 2018.*

**Ernst, W., Zinkahn, W., Bielenberg, W., & Krautzberger, M. (2018).** *Baugesetzbuch. Band 1. Kommentar. 131. EL.*

**Europäische Kommission. (2013).** *Gemeinsame Mitteilung an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Cybersicherheitsstrategie der Europäischen Union – ein offener, sicherer und geschützter Cyberraum, JOIN(2013) 1.*

**Europäische Kommission. (2016).** *End of roaming charges for travellers in the European Union*. Abgerufen am 06. 08. 2019 von https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/end-roaming-charges-travellers-european-union

**Europäische Kommission. (2017).** *Vorschlag für eine Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates über die Achtung des Privatlebens und den Schutz personenbezogener Daten in der elektronischen Kommunikation und zur Aufhebung der Richtlinie 2002/58/EG.*

**Europäische Kommission. (2018a).** *Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Arbeitsprogramm 2019 der Kommission – Versprechen einlösen und unsere Zukunft gestalten, COM(2018) 800 final.*

**Europäische Kommission. (2018b).** *Study to support the review of Directive 2003/98/EC on the re-use of public sector information.* Abgerufen am 07. 08. 2019 von https://www.ewi-vlaanderen.be/sites/default/files/imce/study_support_review_directive_2003-98-ec_re-use_public_sector_information.pdf

**Europäische Kommission. (2018c).** *Vorschlag für eine Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung von Fairness und Transparenz für gewerbliche Nutzer von Online-Vermittlungsdiensten vom 26.4.2018, COM(2018) 238 final.*

**Europäische Kommission. (2019a).** *Empfehlung der Europäischen Kommission vom 03.04.2019, Az. C(2019) 2400, ABl. Nr. L 96.*

**Europäische Kommission. (2019a).** *Lastenteilung: Emissionsziele der Mitgliedsstaaten.* Abgerufen am 06. 08. 2019 von https://ec.europa.eu/clima/policies/effort_de

**Europäische Kommission. (2019b).** *From the Public Sector Information (PSI) Directive to the open data Directive.* Abgerufen am 06. 08. 2019 von https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/public-sector-information-psi-directive-open-data-directive

**Europäisches Parlament. (o.J).** *EU Cybersecurity Agency (ENISA) and information and communication technology cybersecurity certification (Cybersecurity Act).* Abgerufen am 03. 06. 2019 von https://oeil.secure.europarl.europa.eu/oeil/popups/ficheprocedure.do?lang=en&reference=2017/0225(COD)

**Eurostat. (2013).** *Metropolitan region typology.*

**Eurostat. (2019a).** *Verstädterungsgrad: Hintergrund.* Abgerufen am 23. 07. 2019 von https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/degree-of-urbanisation/background

**Eurostat. (2019b).** *Territoriale Typologien für europäische Städte und Metropolregionen.* Abgerufen am 23. 07. 2019 von https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Territorial_typologies_for_European_cities_and_metropolitan_regions/de#Typologie_von_Metropolregionen

**Eurostat. (2019c).** *Glossary: Metro regions.* Abgerufen am 23. 07. 2019 von https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Metro_regions

**Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2014).** *Grundlagen und Planung von Bioenergieprojekten.*

**Fachagentur Windenergie an Land. (2019).** *Ausbausituation der Windenergie an Land im Frühjahr 2019.*

Finanzen.net. (27. 09 2019). *finanzen.net.* Abgerufen am 16. 07. 2019 von https://www.finanzen.net/rohstoffe/co2-emissionsrechte/historisch

**Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (o.J).** *Ökonomische Untersuchung der Fernwärmeabnehmerstruktur mit Geothermie.* Abgerufen am 16. 08. 2019 von https://www.ffe.de/themen-und-methoden/erzeugung-und-markt/275-oekonomische-untersuchung-der-fernwaermeabnehmerstruktur-mit-geothermie;

**Franke, P. D. (2018).** *Pre-Study of Mobility Centre Models. MAMBA Project Interreg.*

**Frankfurter Allgemeine Zeitung. (2016).** *Merkel: Daten sind die Rohstoffe des 21. Jahrhunderts.* Abgerufen am 27. 05. 2019 von https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/cebit/angela-merkel-fordert-mehr-modernisierte-digitale-technologien-14120493.html

**Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik. (2019).** *Entwicklung der Gebäudewärme und Rückkopplung mit dem Energiesystem in -95 Prozent THG-Klimazielszenarien.*

**Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung. (2014).** *Potenzial- und Kosten-Nutzen-Analyse zu den Einsatzmöglichkeiten von Kraft-Wärme-Kopplung (Umsetzung der EU-Energieeffizienzrichtlinie) sowie Evaluierung des KWKG im Jahr 2014.*

**Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik / Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung . (2017).** *Potenziale einer geräuscharmen Nachtlogistik – Ergebnisse und Handlungsempfehlungen des Forschungsprojekts GeNaLog.*

**Fraunhofer-Institut für offene Kommunikationssysteme/Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssystem/ Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik. (2018).** *Urbane Datenräume – Möglichkeiten von Datenaustausch und Zusammenarbeit im urbanen Raum.*

**Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme. (2017).** *Wärmepumpen-Effizienz – Erkenntnisse aus langfristigen Felduntersuchungen.*

**Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme. (2019).** *Energy Charts - Installierte Netto-Leistung zur Stromerzeugung in Deutschland*. Abgerufen am 30. 07. 2019 von https://www.energy-charts.de/power_inst_de.htm

**Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. (2017).** *Energiespeicher-Roadmap Hochenergie-Batterien 2030+ und Perspektiven zukünftiger Batterietechnologien.*

**Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung/Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung/Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (2017).** *Anwenderleitfaden: Möglichkeiten für den Einsatz von Energiespeichern bei genossenschaftlichen Energieprojekten.*

**Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik/Energy Brainpool GmbH & Co. KG. (2015).** *Strommarkt-Flexibilisierung Hemmnisse und Lösungskonzepte.*

**Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme/LichtBlick SE/SMA Solar Technology AG/Volkswagen AG. (2015).** *Intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen zur Erbringung von Systemdienstleistungen – INEES.*

**GHT Mobility GmbH. (2019).** *Was ist eigentlich RidePooling?* Abgerufen am 12. 08. 2019 von https://www.clevershuttle.de/blog/was-ist-eigentlich-ridepooling

**Gils, H., Dotzauer, M., Acksel, D., Palzer, A., Hüsing, F., Littwing, M., . . . Merten, F. (2016).** Sektorenkopplung als Baustein der Energiewende. *FVEE Themen Forschung für die Energiewende – Die Gestaltung des Energiesystems - Beiträge zur FVEE-Jahrestagung 2016*.

**Goebel, J. (2015).** *Hermes, DPD und GLS stellen Paketbox vor. Wohin mit unseren Paketen? in: Wirtschaftswoche.* Abgerufen am 03. 06. 2019 von https://www.wiwo.de/unternehmen/dienstleister/hermes-dpd-und-gls-stellen-paketbox-vor-wohin-mit-unseren-paketen/12412740.html

**Gornig, M., Belitz, H., Geppert, K., Löckener, R., Schiersch, A., & Werwatz, A. (2018).** Industrie in der Stadt: Wachstumsmotor mit Zukunft. *DIW Wochenbericht*(47/2008), S. 1003-1005. Abgerufen am 14. 07. 2019 von https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.607767.de/18-47-1.pdf

**Greb, K. / Boewe, M. (2019).** *Beck'scher Onlinekommentar EEG, 8. Edition, Stand: 01.03.2019.*

**Grubler, A., Bai, X., Buettner, T., Fisk, D., Fisk, D., Ichinose, T., . . . Weisz, H. (2012).** Chapter 18 - Urban Energy Systems. In C. U. Analysis (Hrsg.), *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future* (S. 1307-1400.). Cambridge und Laxenburg. Abgerufen am 15. 08. 2019 von https://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/Chapte18.en.html

**Hamburg Insitut. (2019).** *Chancen und Grenzen von green PPA als Treiber der (deutschen) Energiewende.* Berlin. Abgerufen am 16. 09. 2019 von https://www.hamburg-institut.com/images/pdf/vortraege/190118_Green_EE-PPA_und_Energiewende_-_Strommarkttreffen_18Jan2019_RWerner_fn.pdf

**Hamburg Institut Research gGmbH. (2016).** *Förder- und Finanzierungsleitfaden für Freiflächen-Solarthermieanlagen mit Wärmespeicher und Anbindung an Wärmenetze in Baden-Württemberg.*

**Hamburg Institut Research gGmbH. (2019).** *Ökostrommarkt 2025 – Wie eine intelligente Steuerung des Ökostrommarkts die Energiewende beschleunigt.*

**Handelsverband Deutschland. (2019).** *E-Ladesäulen: Handel fordert bundesweit einheitliche Lösung. Pressemeldung.* Abgerufen am 16. 07. 2019 von https://einzelhandel.de/presse/aktuellemeldungen/11435-e-ladesaeulen-handel-fordert-bundesweit-einheitliche-loesung

**HEA - Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e. V. (2011).** *Großwärmepumpen - Einsatzfelder & Praxisbeispiele.*

**Heer, C. (2003).** *Mobilitätszentrale – Eine Idee aus Deutschland erreicht die Schweiz. In: Tec21 39/2003.*

Heinrich-Böll-Stiftung e.V. (2015). *Wärmewende in Kommunen: Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung.*

**Hermes, G. (2014).** *Planungsrechtliche Steuerung einer Energiebedarfsplanung – ein Reformvorschlag. In: ZUR 2014.*

**Hirschl, B. & Harnisch, R. (2016).** *Climate-Neutral Berlin 2050 Recommendations for a Berlin Energy and Climate Protection Programme (BEK).*

**Hirschl, B., & Fritz Reusswig, J. W.-M. (2019).** *Entwurf für ein Berliner Energie-und Klimaschutzprogramm (BEK) –technischer Anhang B.* Abgerufen am 12. 06. 2019 von https://www.berlin.de/senuvk/klimaschutz/bek_berlin/download/AnhangB-BEK-Endbericht.pdf

**Hirschl, B., Reusswig, F., Weiß, J., Bölling, L., Bost, M., Flecken, U., . . . Voigt, R. (2015).** *Für ein klimaneutrales Berlin: Entwurf für ein Berliner Energie-und Klimaschutzprogramm (BEK) - Endbericht.* Land Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. Abgerufen am 15. 07. 2019 von https://www.berlin.de/senuvk/klimaschutz/bek_berlin/download/BEK-Endbericht-und-AnhangA.pdf

**Hirzel, S., Sontag, B., & Rohde, C. (2013).** *Industrielle Abwärmenutzung: Kurzstudie.*

**Institut der deutschen Wirtschaft. (2018).** *IW-Kurzbericht 50/2018: Energetische Gebäudesanierung: Falsche steuerliche Anreize.*

**Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. (2010).** *Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung.*

**Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH/adelphi consult GmbH/Ecofys Germany GmbH/PricewaterhouseCoopers GmbH/Agentur für Erneuerbare Energien. (2017).** *Wärmenetzsysteme 4.0 – Endbericht. Kurzstudie zur Umsetzung der Maßnahme „Modellvorhaben erneuerbare Energien in hocheffizienten Niedrigtemperaturwärmenetzen“.*

**Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg/GEF Ingenieur AG/Indevo GmbH/geomer Geointelligence and beyond. (2019).** *EnEff:Wärme: Netzgebundene Nutzung industrieller Abwärme (NENIA).*

**Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart. (2008).** *Industrielle Großwärmepumpen – Potenziale, Hemmnisse und Best-Practice Beispiele.*

**Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart. (2014).** *Analyse des Potenzials von Industriewärmepumpen in Deutschland.*

**Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart. (2016).** *Datengrundlagen und Konzeption für den Online-Wärmekostenrechner für Wohn- und Nichtwohngebäude.*

**Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart. (o. J.).** *Technologien, Emissionen, Kosten – ein Überblick über Möglichkeiten der Wärmeversorgung von Wohngebäuden mit Erneuerbaren Energien.*

**Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (2017).** *Direkte Vermarktung von Windstrom und anderem erneuerbaren Strom im B2B-Bereich.*

**Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (2018a).** *Ein Rechtsrahmen für den Wärmesektor: Studie zur rechtlichen Weiterentwicklung des Wärmesektors unter besonderer Berücksichtigung von Power to Heat.*

**Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (2018b).** *Experimentierklauseln für verbesserte Rahmenbedingungen bei der Sektorenkopplung.*

**Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (2018c).** *Kurzstudie: Regionale Grünstromvermarktung.*

**Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (2019).** *Möglichkeiten einer flankierenden CO2-Bepreisung durch öffentlich-rechtliche Abgaben. ENavi: Transformation des Stromsystems.*

**Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V./Becker Büttner Held/Öko-Institut e.V. (2019).** *Abwärmenutzung in Unternehmen.*

**Institut für Verkehrsforschung im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (2016).** *Wirkung von E-Car Sharing Systemen auf Mobilität und Umwelt in urbanen Räumen (WiMobil), Abschlussbericht.*

**Institut für ZukunftsEnergieSysteme. (2015).** *Abwärmenutzung - Potentiale, Hemmnisse und Umsetzungsvorschläge.*

**Jenssen, T. (2010).** *Einsatz der Bioenergie in Abhängigkeit von der Raum- und Siedlungsstruktur – Wärmetechnologien zwischen technischer Machbarkeit, ökonomischer Tragfähigkeit, ökologischer Wirksamkeit und sozialer Akzeptanz.* Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.

**Keirstead, J. (2013).** *Conceptualizing urban energy systems. In: Keirstead, J. / Shah, N. (Hg.): Urban energy systems. An integrated approach.*

**KfW Bankengruppe. (2019a).** *Merkblatt Erneuerbare Energien "Premium".*

**KfW Bankengruppe. (2019b).** *Merkblatt IKU - Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung.*

**KfW Bankengruppe. (o.J.).** *Energieeffizient Sanieren – Ergänzungskredit*. Abgerufen am 06. 09. 2019 von https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Erg%C3%A4nzungskredit-(167)/

**Kipker, D.-K., & Scholz, D. (2019).** *EU-Parlament verabschiedet EU Cybersecurity Act. In: MMR-Aktuell 2019, 414986.*

**Klinski, S. (2010).** *Energetische Gebäudesanierung und Mietrecht – Hemmnisse und Reformüberlegungen. In: ZUR 6/2010.*

**Knie, A., & Ruhrort, L. (2019).** *DIE NEUORDNUNG DES ÖFFENTLICHEN VERKEHRS - Grundsätze für eine neue zukunftsorientierte Regulie-rung im Personenbeförderungsgesetz (PBefG).* Abgerufen am 14. 08. 2019 von https://www.klimareporter.de/images/dokumente/2019/05/PBefG_Mai2019.pdf

**Landesamt für Bürger- und Ordnungsangelegenheiten Berlin. (2019).** *Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung (P-Schein) – Erteilung.* Abgerufen am 13. 06. 2019 von https://www.berlin.de/labo/dienstleistungsuebersicht/service.29785.php/dienstleistung/121622/

**Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH/Thüringer Energie- und GreenTech-Argentur. (2011).** *Handlungsoptionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Bestandsbau. Forschungsprojekt, Abschlussbericht, 31. März 2011. Kurzfassung.*

**Landeshauptstadt Düsseldorf. (2015).** *Mobilität der Düsseldorfer Bevölkerung 2013: Ergebnisse.*

**Landeshauptstadt München/Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin. (2015).** *Carsharing und Elektromobilität - Ein Praxisleitfaden für Kommunen (WiMobil).*

**Logistik Heute. (2017).** *Letzte Meile: DHL kombiniert Lastenräder mit Klein-Containern und Mini-Hubs.* Abgerufen am 03. 06. 2019 von https://logistik-heute.de/news/letzte-meile-dhl-kombiniert-lastenraeder-mit-klein-containern-und-mini-hubs-13564.html

**Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg. (2019).** *Eckpunkte zur Weiterentwicklung des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg (gemäß Beschluss der Landesregierung vom 21.05.2019).*

**Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. (2019).** *Gemeinsames Eckpunktepapier des Freistaates Bayern und des Landes Nordrhein-Westfalen zur steuerlichen Förderung der energetischen Gebäudemodernisierung.*

**Moovel Group GmbH. (2019).** *Presse Kit: The Future is Now. Pressemitteilung vom 22.02.2019.* Abgerufen am 19. 07. 2019 von https://www.your-now.com/de/press

**Moran, D., Kanemoto, K., Jiborn, M., Wood, R., Többen, J., & Seto, K. (2018).** Carbon footprints of 13 000 cities. *Envorinmental Research Letters*(13). Abgerufen am 14. 06. 2019 von https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aac72a/pdf

**Nationale Plattform Elektromobilität. (2014).** *Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung.*

**Nationale Plattform Elektromobilität. (2015).** *AG3 – Ladeinfrastruktur und Netzintegration: Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland, Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015.*

**Nationale Plattform Elektromobilität. (2018).** *Fortschrittsbericht.*

**Nationale Plattform Zukunft der Mobilität. (2019a).** *Bericht der Arbeitsgruppe 5 – Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung: Sofortpaket Ladeinfrastruktur 2019.*

**Nationale Plattform Zukunft der Mobilität. (2019b).** *Zwischenbericht der Arbeitsgruppe 1 – Klimaschutz im Verkehrssektor: Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor.*

**Notz, J. N. (2017).** *Die Privatisierung öffentlichen Raums durch parkende Kfz. Von der Tragödie einer Allmende – über Ursache, Wirkung und Legitimation einer gemeinwohlschädigenden Regulierungspraxis. IVP-Discussion Paper 1/2017.*

**Nyomen, H., Graf, K., Niemann, E., Sendler, C., & Kunde, J. (2017).** *Klimaschutz im Wohngebäudebereich: Wie können wir die Klimaschutzziele im Bereich der Wohngebäude in Deutschland bis 2050 erreichen?*

**Öko-Institut e.V. (2015).** *Evaluierung der VerwaltungsvorschriftBeschaffung und Umwelt (VwVBU).* Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.

**Öko-Institut e.V. (2018a).** *Aktueller Stand der SteinkohleKWKErzeugung in Deutschland.*

**Öko-Institut e.V. (2018b).** *Effort Sharing: Hohe Kosten ohne ambitionierten Klimaschutz.* Abgerufen am 23. 07. 2019 von https://www.oeko.de/aktuelles/2018/effort-sharing-hohe-kosten-ohne-ambitionierten-klimaschutz/

**Paal, B., & Pauly, D. (2018).** *Datenschutz-Grundverordnung – Bundesdatenschutzgesetz, Beck'sche Kompakt-Kommentare.*

**Physikalisch-technische Bundesanstalt. (2017).** *Regelermittlungsausschuss [REA] – Dokument 6-A – Regeln und Erkenntnisse des Regelermittlungsausschusses nach § 46 des Mess- und Eichgesetzes für Messgeräte und Zusatzeinrichtungen im Anwendungsbereich der E-Mobilität.*

**Price Waterhouse Coopers GmbH. (2018).** *Elektromobilität – ein zukunftsfähiges Geschäftsmodell für Energieversorger? PWC-Befragung unter deutschen und österreichischen Energieversorgern zur Bedeutung der Elektromobilität.*

**Prognos AG und BH&W. (2017).** *Schlussbericht: Mieterstrom - Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM).* Abgerufen am 16. 08. 2019 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/schlussbericht-mieterstrom.pdf?__blob=publicationFile&v=10

**Randelhoff, M. (2014).** *[Definition] UberPop, WunderCar, Lyft & Co. – Ridesharing oder vielmehr Rideselling? In: Zukunft Mobilität.* Abgerufen am 31. 05. 2019 von https://www.zukunft-mobilitaet.net/74151/analyse/definition-ridesharing-rideselling-unterschiede-taxi-carpooling/

**Rodi, M. (2017).** *Das Recht der Windkraftnutzung zu Lande unter Reformdruck – Zwingen Planungs- und Akzeptanzdefinite zu einer Neujustierung der Rechte von Staat, Kommunen, Anlagenbetreibern, Landeigentümern und betroffenen Brügern? In: ZUR 2017.*

**Rodi, M., & Hartwig, M. (2014).** *Elektromobilität in der Tiefgarage. In: ZUR 2014.*

**Rodi, M., Hartwig, M., & Pfeifer, F. (2019).** Kommt der Rechtsanspruch auf die private Ladestation? Stand und Kommentar zu Elektromobilität: Reformvorhaben im Mietrecht. *Ir - InfrastrukturRecht*(1/2019), S. 26-19.

**Sachverständigenrat für Umweltfragen. (2017).** *Sondergutachten: Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor.*

**Schaller Consulting. (2017).** *Unsustainable? The Growth of App-Based Ride Services and Traffic, Travel and the Future of New York City.*

**Schleicher, Y. (2019).** *Uber, Stauforschung, BerlKönig und die TU Berlin. In: TAXItimes.* Abgerufen am 04. 06. 2019 von https://www.taxi-times.com/uber-stauforschung-berlkonig-und-die-tu-berlin/

**Schnabel, F., & Kreidel, K. (2018).** *Ökonomische Rahmenbedingungen für Quartierspeicher – Analyse der ökonomisch relevanten Kenngrößen für Energiedienstleistungen, Projekt Esquire, Arbeitspapier.*

**Schubert, S., & Härdtlein, M. (2016).** *Mini-/Mikro-KWK in städtischen Energiesystemen: Eine Analyse von Herausforderungen und Erfolgsfaktoren, LITRES Discussion Paper.*

**Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin. (2018).** *Quartiersgaragen in Berlin – Studie zum Umgang mit ruhendem Verkehr in neuen Stadtquartieren.*

**Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin. (2016).** *Neuauflage des Integrierten Wirtschaftsverkehrskonzepts für Berlin (IWVK) – Kurzinformation.*

**Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin. (2017).** *Mobilität der Stadt - Berliner Verkehr in Zahlen 2017*. Abgerufen am 15. 06. 2019 von https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/entwicklung/

**Solarify. (2019).** *Kritische Stimmen zum Gebäudeenergiegesetz (GEG) - Gesetzentwurf für Gebäudeenergiegesetz (GEG) im Kabinett beschlossen; Vom 24.10.2019*. Abgerufen am 04. 09. 2019 von https://www.solarify.eu/2019/10/24/441-kritische-stimmen-zum-gebaeudeenergiegesetz-geg/

**Sousa, T., Soares, T., Pinson, P., Moret, F., Baroche, T., & Sorin, E. (2019).** *Peer-to-peer and community-based markets: A comprehensive review. In: Renewable & Sustainable Energy Reviews 104/2019.*

**Spannowsky, W., & Uechtritz, M. (2019).** *Beck'scher Onlinekommentar BauGB, 45. Edition, Stand: 01.05.2019.*

**Sperling, C. (2018).** *Stromspeicher im Stromnetz: Evolution statt Revolution.* Abgerufen am 04. 06. 2019 von https://www.next-kraftwerke.de/neues/stromspeicher-stromnetz

**Statista. (2019).** *Wärmeerzeuger - Absatz in Deutschland nach Kategorie 2018*. Abgerufen am 25. 06. 2019 von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/379029/umfrage/absatz-von-waermeerzeugern-in-deutschland-nach-kategorie/

**Statistische Ämter des Bundes und der Länder. (2011).** *Zensus2011.* Abgerufen am 15. 08. 2019 von Ergenisse des Zensus 2011 - Gebäude und Wohnungen: https://www.zensus2011.de/DE/Home/Aktuelles/DemografischeGrunddaten.html;jsessionid=91AF4F53326120D327B8CD2CCD20CD66.1_cid380?nn=3065474

**Statistisches Bundesamt. (2019).** *Material- und Energieflüsse - Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch der privaten Haushalte mit Personenkraftwagen*. Abgerufen am 09. 08. 2019 von https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Materialfluesse-Energiefluesse/Tabellen/fahrleistungen-haushalte.html

**Stender-Vorwachs, J., & Steege, H. (2018).** *Wem gehören unsere Daten? – Zivilrechtliche Analyse zur Notwendigkeit eines dinglichen Eigentums an Daten, der Datenzuordnung und des Datenzugangs. In: NJOZ 2018.*

**Sterner, M., & Stadler, I. (2014).** *Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration.*

**Sterner, M., Eckert, F., Thema, M., & Bauer, F. (2015).** *Der positive Beitrag dezentraler Batteriespeicher für eine stabile Stromversorgung, Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher (FENES) OTH Regensburg, Kurzstudie im Auftrag von BEE e.V. und Hannover Messe.*

**Stromnetz Berlin GmbH. (2019).** *Faktenblatt.* Abgerufen am 14. 07. 2019 von https://www.stromnetz.berlin/globalassets/dokumente/presse/faktenblatt-stromnetz-berlin.pdf

**Stromnetz Hamburg. (2019).** *Energieportal Hamburg*. Abgerufen am 14. 08. 2019 von http://www.energieportal-hamburg.de/distribution/energieportal/

**Technische Universität Darmstadt. (2012).** *UrbanReNet – EnEFF:Stadt – Verbundprojekt Netzoptimierung – Teilprojekt: Vernetzte regenerative Energiekonzepte im Siedlungs- und Landschaftsraum.*

**Technische Universität Darmstadt. (2015).** *W 10 Wärmepumpe.*

Technische Universität Dresden. (2015). *Dezentrale Einspeisung in Nah- und Fernwärmesysteme unter besonderer Berücksichtigung der Solarthermie.*

**Technische Universität München. (2017).** *Potential der hydrothermalen Geothermie zur Stromerzeugung in Deutschland.*

**Umweltbundesamt. (2015).** *Nutzen statt Besitzen: Neue Ansätze für eine Collaborative Economy. Umwelt, Innovation, Beschäftigung 03/2015.*

**Umweltbundesamt. (2018).** *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des Strommix in den Jahren 1990 – 2017.*

**Umweltbundesamt. (2019a).** *Erneuerbare Energien in Deutschland 2018 – Daten zur Entwicklung im Jahr 2018.*

**Umweltbundesamt. (2019b).** *Fahrleistungen, Verkehrsaufwand und „Modal Split".* Abgerufen am 04. 06. 2019 von https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split

**Umweltbundesamt. (2019c).** *Kraftstoffe, Kraftstoffverbrauch im Personen- und Güterstraßenverkehr.* Von https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/kraftstoffe abgerufen

**Umweltbundesamt. (2019d).** *Regionalnachweisregister (RNR).* Von https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/regionalnachweisregister-rnr abgerufen

**Umweltbundesamt. (2019e).** *Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugbestand.* Von https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeugbestand abgerufen

**Universität Leipzig/Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V./Technische Universität Berlin/Siemens AG. (2019).** *Marktdesign, Regulierung und Gesamteffizienz von Flexibilität im Stromsystem – Bestandsaufnahme und Herausforderungen.*

**VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH. (2019).** *Interoperabilität (IOP) – Prüfung und Zertifizierung im VDE-Institut.* Abgerufen am 23. 07. 2019 von https://www.vde.com/tic-de/dienstleistungen/interoperabilitaet

**Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (2015).** *Energietechnische Gesellschaft im VDE - Batteriespeicher in der Nieder- und Mittelspannungsebene - Anwendungen und Wirtschaftlichkeit sowie Auswirkungen auf die elektrischen Netze.*

**Verband deutscher Biomasseheizwerke. (2010).** *Wirtschaftlichkeit, Finanzierung, Förderung von Biomassefeuerungen.*

**Verband Deutscher Verkehrsunternehmen. (2019).** *2018/2019 Jahresbericht.*

**Verband Kommunaler Unternehmen e.V. (2017).** *Pressemitteilung vom 11.10.2017, Stadtwerke setzen Energiewende um.* Abgerufen am 21. 10. 2019 von https://www.vku.de/presse/pressemitteilungen/archiv-2017-pressemitteilungen/stadtwerke-setzen-energiewende-um/

**Verbraucherzentrale Bundesverband. (2018).** *Einfach Laden – Einfach Fahren, Positionspapier vom 05.11.2018.*

**Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2012).** *Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen Grundlagen und Kostenberechnung VDI 2067.*

**Verkehrs- und Tiefbauamt Stadt Leipzig. (2015).** *Erhebung Mobilität in Städten – SrV 2015: Dokumentation von Kennziffern der Mobilität für die Stadt Leipzig.*

**Verkehrsclub Deutschland e.V. (2019).** *On-Demand-Ridesharing: Nur als Teil des ÖPNV eine Chance für die Verkehrswende.* Abgerufen am 16. 08. 2019 von https://www.vcd.org/themen/oeffentlicher-personennahverkehr/modern-digital/?sword_listProzent5B0Prozent5D=ride&sword_listProzent5B1Prozent5D=pooling&cHash=6fd287b0efdb6c3a60446c9fbd619582

**Viessmann Deutschland GmbH. (2019).** *Fachwissen Kollektortechnik.* Abgerufen am 22. 06. 2019 von https://www.viessmann.de/de/wohngebaeude/fachwissen-solarthermie/fachwissen-solarthermie-kollektortechnik.html

**vom Wege, J.-H., & Weise, M. (2019).** *Praxishandbuch Messstellenbetriebsgesetz (MsbG). Smart Metering – die Digitalisierung der Energiewende mit intelligenten Messsystemen. Berlin.*

**von Oppen, M. (2010).** *Rechtliche Aspekte der Entwicklung von Photovoltaikprojekten. In: ZUR 6/2010.*

**Wagner, W. (2009).** *Planung im Anlagenbau, Vogel Communications Group GmbH & Co. KG.*

**Weiser, E., & Schäfer-Stradowksy, S. (2018).** *Weiterentwicklungsbedürfnis und -potenziale der Regelung zu zuschaltbaren Lasten in § 13 Abs. 6a EnWG. In: NuR 15 (1).*

**Wiedemann, K. (2019).** *energate messenger - Energiewende - Flexibilisierungs-Verordnung soll frühestens 2020 kommen.* Abgerufen am 19. 08. 2019 von https://www.energate-messenger.de/news/192453/flexibilisierungs-verordnung-soll-fruehestens-2020-kommen

**Wüstenrot Stiftung. (2014).** *Solarthermie - Technik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz für solarthermische Systeme in Einfamilienhäusern.*

# Rechtsgrundlagen

**Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO)** vom 26. Januar 2001 in der Fassung vom 22. Mai 2017 (BAnz AT 29.05.2017 B8).

**Anreizregulierungsverordnung (ARegV**) vom 29. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2529), die zuletzt durch Artikel 23 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

**Baugesetzbuch (BauGB)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634).

**Berliner Energiewendegesetz (EWG Bln)** verkündet als Artikel 1 des Gesetzes zur Umsetzung der Energiewende und zur Förderung des Klimaschutzes in Berlin vom 22. März 2016 (GVBl. S. 122), geändert durch Gesetz vom 26.10.2017 (GVBl. S. 548).

**Berliner Mobilitätsgesetz (MobG BE)** vom 5. Juli 2018 verkündet Artikel 1 des Gesetzes zur Neuregelung gesetzlicher Vorschriften zur Mobilitätsgewährleistung vom 5. Juli 2018 (GVBl. S. 464).

**BSI-Gesetz (BSIG)** vom 14. August 2009 (BGBl. I S. 2821), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23. Juni 2017(BGBl. I S. 1885) geändert worden ist.

**BSI-Kritisverordnung (BSI-KritisV)** vom 22. April 2016 (BGBl. I S. 958), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 21. Juni 2017 (BGBl. I S. 1903) geändert worden ist EEG 2017.

**Bundesdatenschutzgesetz (BDSG)** vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2097).

**Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432) geändert worden ist.

**Bürgerliches Gesetzbuch (BGB)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S.738), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 31. Januar 2019 (BGBl. I S. 54) geändert worden ist.

**Carsharinggesetz (CsgG)** vom 5. Juli 2017 (BGBl. I S. 2230).

**Energieeinsparungsgesetz (EnEG)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 1. September 2005 (BGBl. I S. 2684), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Juli 2013 (BGBl. I S. 2197) geändert worden ist.

**Energieeinsparverordnung (EnEV)** vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 24. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1789) geändert worden ist.

**Energie- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein (EWKG SH)** verkündet als Artikel 1 des Gesetzes zur Energiewende und zum Klimaschutz in Schleswig-Holstein vom 7. März 2017 (GVOBl. S. 124).

**Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)** vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

**Erneuerbare-Energien-Ausführungsverordnung (EEAV)** vom 22. Februar 2010 (BGBl. I S. 134), die zuletzt durch Artikel 17 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

**Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2017)** vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

**Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)** vom 7. August 2008 (BGBl. I S. 1658), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1722) geändert worden ist.

**Erneuerbare-Wärme-Gesetz des Landes Baden-Württemberg (EWärmeG BW)** vom 17. März 2015.

**Gebäudeenergiegesetz - Entwurf (GEG-E)**, Stand 01. November 2018.

**Gesetz gegen den unlauteren Wettbewerb (UWG)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. März 2010 (BGBl. I S.254), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 18. April 2019 (BGBl. I S. 466) geändert worden ist.

**Gesetz zum Schutz von Geschäftsgeheimnissen (GeschGehG)** vom 18. April 2019 (BGBl. I S. 466).

**Gesetz zur Beschleunigung des Energieleitungsausbaus** vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706).

**Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende (GDEW)** vom 29. August 2016 (BGBl. I S. 2034).

**Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland (GG)** in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. März 2019 (BGBl. I S.404) geändert worden ist.

**Herkunfts- und Regionalnachweis-Durchführungsverordnung (HkRNDV)** vom 8. November 2018 (BGBl. I S. 1853).

**Konzessionsabgabenverordnung (KAV)** vom 9. Januar 1992 (BGBl. I S. 12, 407), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 4 der Verordnung vom 1. November 2006 (BGBl. I S. 2477) geändert worden ist.

**Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)** vom 21. Dezember 2015 (BGBl. I S. 2498), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

**Ladesäulenverordnung (LSV)** vom 9. März 2016 (BGBl. I S. 457), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Juni 2017 (BGBl. I S. 1520) geändert worden ist.

**Landes-Immissionsschutzgesetz Berlin (LImSchG Bln)** vom 5. Dezember 2005 (GVBl. S. 735), das durch Gesetz vom 3. Februar 2010 (GVBl. S. 38) zuletzt geändert worden ist.

**Landes-Immissionsschutzgesetz Nordrhein-Westfalen (LImschG NRW)** vom 18. März 1975, das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 20. September 2016 (GV. NRW. S. 790) geändert worden ist.

**Messstellenbetriebsgesetz (MsbG)** vom 29. August 2016 (BGBl. I S. 2034), das durch Artikel 7 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

**Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG)** vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1690), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

**Niederspannungsanschlussverordnung (NAV)** vom 1. November 2006 (BGBl. I S. 2477), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 14. März 2019 (BGBl. I S. 333) geändert worden ist.

**Niedersächsisches Lärmschutzgesetz (NLärmSchG)** vom 10. Dezember 2012 (GVBl. 2012, 562).

**Personenbeförderungsgesetz (PBefG)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. August 1990 (BGBl. I S. 1690), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 14 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist.

**Richtlinie 2009/28/EG (Erneuerbare Energien-Richtlinie I – RED I)** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung

und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG (Text von Bedeutung für den EWR).

**Richtlinie 2009/72/EG (Elektrizitätsbinnenmarktrichtlinie - EBM-RL)** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juli 2009 über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Aufhebung der Richtlinie 2003/54/EG (Text von Bedeutung für den EWR).

**Richtlinie 2013/37/EU (PSI)** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2013 zur Änderung der Richtlinie 2003/98/EG über die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors.

**Richtlinie 2014/94/EU (AFID)** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe Text von Bedeutung für den EWR.

**Richtlinie 2016/1148/EU** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2016 über Maßnahmen zur Gewährleistung eines hohen gemeinsamen Sicherheitsniveaus von Netz- und Informationssystemen in der Union.

**Richtlinie 2018/844/EU (EPBD 2018)** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz.

**Richtlinie 2018/1972/EU** des europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über den europäischen Kodex (Neufassung).

**Richtlinie 2018/2001/EU (Erneuerbare-Energien-Richtline II – RED II)** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung).

**Richtlinie 2019/944/EU (Elektrizitätsbinnenmarktrichtlinie - EBM-RL)** des europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 mit gemeinsamen Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 2012/27/EU (Neufassung).

**Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm)** vom 26. August 1998 (GMBl Nr. 26/1998 S. 503), die zuletzt durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5) geändert worden ist.

**Stellplatzortsgesetz Bremen (StellplOG**) vom 6. Oktober 2009 (Brem.GBl. S. 401 - 2130-d-1a).

**Straßenverkehrsgesetz (StVG)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2003 (BGBl. I S. 310, 919), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 430) geändert worden ist.

**Straßenverkehrs-Ordnung (StVO)** vom 6. März 2013 (BGBl. I S. 367), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 6.Oktober 2017 (BGBl. I S. 3549) geändert worden ist.

**Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV)** vom 25. Juli 2005 (BGBl. I S. 2225), die zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist

**Stromnetzzugangsverordnung (StromNZV)** vom 25. Juli 2005 (BGBl. I S. 2243), die zuletzt durch Artikel 14 des Gesetzes vom13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist

**Stromsteuergesetz (StromStG)** vom 24. März 1999 (BGBl. I S. 378; 2000 I S. 147), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 27. August 2017 (BGBl. I S. 3299; 2018 I 126) geändert worden ist.

**Thüringer Klimagesetz (ThürKlimaG)** vom 18. Dezember 2018 (GVBl. S. 816).

**Verordnung (EU) 2018/1807** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. November 2018 über einen Rahmen für den freien Verkehr nicht-personenbezogener Daten in der Europäischen Union (ABl. Nr. L 303, 59 ff.).

**Verordnung zu abschaltbaren Lasten (AbLaV)** vom 16. August 2016 (BGBl. I S. 1984), die zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 22. Dezember 2016 (BGBl. I S. 3106) geändert worden ist.

**Wohnungseigentumsgesetz (WEG)** vom 15.03.1951 (BGBl. III, 403-1), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 5. Dezember 2014 (BGBl. I S. 1962) geändert worden ist.

# Abkürzungen

| | |
|---|---|
| **AC** | Wechselstrom (Alternating Current) |
| **AfA** | Absetzung für Abnutzung |
| **ALT** | Anruflinientaxi |
| **AST** | Anrufsammeltaxi |
| **BEK 2030** | Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030 |
| **BHKW** | Blockheizkraftwerk |
| **BVG** | Berliner Verkehrsbetriebe |
| **CEER** | Council of European Energy Regulators |
| **CPO** | Ladeinfrastrukturbetreiber (Charge Point Operator) |
| **DC** | Gleichstrom (Direct Current) |
| **EE** | erneuerbare Energie(n) |
| **EEG** | Erneuerbare-Energien-Gesetz |
| **EFH** | Einfamilienhaus |
| **EMP** | Elektromobilitätsanbieter (Electromobility Provider) |
| **EU ETS** | Europäisches Emissionshandelssystem |
| **EVU** | Energieversorgungsunternehmen |
| **EW** | Einwohner |
| **GHD** | Gewerbe, Handel und Dienstleistungen |
| **GMH** | großes Mehrfamilienhaus |
| **GPS** | Globales Positionsbestimmungssystem |
| **HH** | Hochhaus |
| **HHKW** | Holzheizkraftwerk |
| **IKK/IKU** | Investitionskredit Kommunen/Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen |
| **IKT** | Informations- und Kommunikationstechnik |
| **IT** | Informationstechnik |
| **KEP** | Kurier-, Express- u. Paketdienste |
| **KWK** | Kraft-Wärme-Kopplung |
| **LABO** | Landesamt für Bürger- und Ordnungsangelegenheiten |
| **LBT** | Linienbedarfstaxi |
| **LIS** | Ladeinfrastruktur |

| | |
|---|---|
| **MAP** | Marktanreizprogramm |
| **MFH** | Mehrfamilienhaus |
| **MiD** | Mobilität in Deutschland |
| **MIV** | Motorisierter Individualverkehr |
| **MSP** | Elektromobilitätsanbieter (Mobility Service Provider) |
| **NPE** | Nationale Plattform Elektromobilität |
| **NPM** | Nationale Plattform Zukunft der Mobilität |
| **NSR** | Nationaler Strategierahmen für den Ausbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe |
| **ÖPNV** | Öffentlicher Personennahverkehr |
| **ÖSPV** | Öffentlichen Straßenpersonenverkehr |
| **P2P** | Peer-to-Peer |
| **PEF** | Primärenergiefaktor |
| **PPA** | Power Purchase Agreement |
| **PtG** | Power-to-Gas |
| **PtH** | Power-to-Heat |
| **PtL** | Power-to-Liquid |
| **PtX** | Power-to-X |
| **PV** | Photovoltaik |
| **RH** | Reihenhaus |
| **SINTEG** | Schaufenster intelligente Energie |
| **SPNV** | Schienenpersonennahverkehr |
| **SrV** | System repräsentativer Verkehrsbefragungen |
| **ST** | Siedlungstyp |
| **SUV** | Sport Utility Vehicle |
| **UBA** | Umweltbundesamt |
| **ÜNB** | Übertragungsnetzbetreiber |
| **VK** | Versorgungskonzept |
| **VNB** | Verteilnetzbetreiber |
| **WEA** | Windenergieanlagen |

# Abschlussbericht zum dena-Projekt Urbane Energiewende

Gesamter Abschlussbericht mit allen drei Teilen und Literaturverzeichnis zum Download.
**www.dena.de/urbewbericht**

## Teil A: Übergeordnete Erkenntnisse und Empfehlungen

**www.dena.de/urbew1**

### Executive Summary

Kurze Zusammenfassung der zentralen Projektergebnisse.

**www.dena.de/urbewi1**

### Projektbeschreibung

Das dena-Projekt Urbane Energiewende im Überblick.

**www.dena.de/urbewi2**

### Handlungsempfehlungen

Die Handlungsempfehlungen des Projekts in der Übersicht.

**www.dena.de/urbewi4**

### Zieldimensionen

Der strategische Orientierungsrahmen mit fünf Zieldimensionen.

**www.dena.de/urbewi3**

## Teil B: Katalog der Handlungsoptionen und Praxiserfahrungen

**www.dena.de/urbew2**

### Ansätze und Konzepte

Die Ansätze zu Energiesystem und Strom, Wärmeversorgung sowie Mobilität in einem Dokument.

**www.dena.de/urbewi6**

### Quartiersdefinition

Die Quartiersdefiniton aus Projektsicht.

**www.dena.de/urbewi5**

## Teil C: Gutachterliche Ausarbeitung zu regulatorischen Herausforderungen

**www.dena.de/urbew3**

### Überblick der Themen

Auszug zu den zentralen Themen der urbanen Energiewende.

**www.dena.de/urbewi7**

**Mehr Informationen zur urbanen Energiewende:**

**www.dena.de/urbew**

dena
Deutsche Energie-Agentur