

# QUARTIERSENTWICKLUNG UND KLIMASCHUTZ

## HANDLUNGSOPTIONEN FÜR STÄDTE



KARIN HOPFNER  
CHRISTINA SIMON-PHILIPP

Hochschule  
für Technik  
Stuttgart  
University of Applied Sciences





# QUARTIERSENTWICKLUNG UND KLIMASCHUTZ

HANDLUNGSOPTIONEN FÜR STÄDTE

### Herausgeber

Hochschule für Technik Stuttgart

### Autorinnen

Karin Hopfner, Christina Simon-Philipp

### Layout, Grafik, Satz

Annabell Gronau

### Cover

Annabel Angus, Verena Loidl

### Fachliche Beratung

Dr. Dirk Pietruschka

Stuttgart, 2020

© Hochschule für Technik Stuttgart

Die Publikation entstand aus der Forschungs- und Innovationspartnerschaft „Intelligente Stadt (i\_city)“ gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Fördermaßnahme „Starke Fachhochschulen - Impuls für die Region“ (FH-Impuls) Teilprojekt 1.2 „Spinelli in Mannheim“ (2017-2019)

### Bearbeitung

Hochschule für Technik Stuttgart  
Institut für Angewandte Forschung

Zentrum für Nachhaltige Stadtentwicklung: Prof. Dr.-Ing. Christina Simon-Philipp, Karin Hopfner

Zentrum für Nachhaltige Energietechnik: Dr. Dirk Pietruschka, Maryam Zirak

Zentrum für Geodäsie und Geoinformatik: Prof. Dr. Volker Coors, Nora Bartke

Wissenschaftliche Hilfskräfte: Bianca Eder, Felix Mayer, Robert Otto, Jakob Spohr

### Kooperationspartner

Drees und Sommer SE, Stuttgart  
Stadt Mannheim  
MWS Projektentwicklungsgesellschaft mbH, Mannheim  
MVV Energie AG, Mannheim

Hochschule  
für Technik  
Stuttgart  
University of Applied Sciences



Kostenfreier Bezug: HFT Stuttgart  
icity@hft-stuttgart.de (Nina Ehresmann, Maximilian Haag)  
stadtplanung@hft-stuttgart.de (Christina Simon-Philipp)

Online unter: [www.hft-stuttgart.de/forschung/i-city](http://www.hft-stuttgart.de/forschung/i-city)  
HFT-Band 163  
ISBN 978-3-940670-73-1

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

# QUARTIERSENTWICKLUNG UND KLIMASCHUTZ

HANDLUNGSOPTIONEN FÜR STÄDTE

# INHALT

<b>1</b>	<b>EINFÜHRUNG</b>	<b>8</b>
1.1	Ausgangslage und Ziel	8
1.2	Methode und Aufbau	10
<b>2</b>	<b>GRUNDLAGEN UND RAHMENBEDINGUNGEN</b>	<b>14</b>
2.1	Klimawandel	14
2.1.1	Aktueller Stand und Entwicklungen	14
2.1.2	Politische Rahmenbedingungen und Zielsetzungen	15
2.1.3	Klimaschutz und -anpassung	16
2.1.4	Kommunaler Klimaschutz	16
2.1.5	Klimaschutz auf der Ebene neuer Baugebiete	17
2.2	Gesetzliche Grundlagen	17
2.2.1	Baugesetzbuch und Klimaschutz	18
2.2.2	Energiefachrecht	24
2.3	Aktuelle Herausforderungen der Stadt- und Quartiersentwicklung	28
2.3.1	Schwierige Rahmenbedingungen für den Wohnungsbau	28
2.3.2	Verkehr und Mobilität	28
2.3.3	Bezahlbarer Wohnraum	29
<b>3</b>	<b>ENERGIEVERSORGUNG VON NEUEN STADTQUARTIEREN</b>	<b>32</b>
3.1	Grundlagen: Energieverbrauch und energiebedingte Emissionen	32
3.2	Begriffe	34
3.3	Energiebedarfe von Quartieren	35
3.4	Möglichkeiten für die Energieversorgung von Quartieren	38
3.5	Stromversorgung von Quartieren	39
3.5.1	Rahmenbedingungen und Zahlen	39
3.5.2	Strombedarf und Strompreis	41
3.5.3	Besonderheiten bei der Stromversorgung von Stadtquartieren	41
3.5.4	Energiequellen	42
3.5.5	Sonstige Technologien	45
3.5.6	Mieterstrom	47
3.5.7	Elektromobilität	50
3.6	Wärmeversorgung von Quartieren	52
3.6.1	Rahmenbedingungen und Zahlen	52
3.6.2	Heizwärmebedarf von Quartieren	55
3.6.3	Trinkwarmwassererwärmung	56
3.6.4	Bewertung von Energieträgern für die Wärmebereitstellung	57
3.6.5	Energieträger	60
3.6.6	Technologien	66
3.6.7	Wärmenetze	70
3.6.8	Energieträger und Versorgungssysteme im Vergleich	77
3.7	Kühlung von Gebäuden	78
3.8	Wirtschaftlichkeit von Energieversorgungssystemen	80
3.9	Akteure der Energieversorgung	83

<b>4</b>	<b>PROJEKTANALYSEN</b> .....	<b>90</b>
	4.1 Vorgehensweise .....	90
	4.2 Projekte im Überblick .....	91
	4.3 Erkenntnisse aus den Projektanalysen .....	99
<b>5</b>	<b>KONZEPTIONELLE ÜBERLEGUNGEN DER HFT FÜR DIE SPINELLI BARRACKS</b> .....	<b>104</b>
	5.1 Forschungsprojekt i_city an der HFT Stuttgart .....	104
	5.2 Rahmenbedingungen und Grundlagen .....	105
	5.2.1 Mannheim .....	105
	5.2.2 Spinelli Barracks .....	107
	5.3 Konzept für eine klimaschonende Bebauung .....	112
	5.4 Überlegungen für eine klimaschonende Energieversorgung .....	113
	5.4.1 Berechnungen des Energiebedarfs .....	113
	5.4.2 Potenziale für die Energieversorgung .....	115
	5.4.3 Versorgungsvarianten mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	118
<b>6</b>	<b>HANDLUNGSOPTIONEN FÜR STÄDTE</b> .....	<b>132</b>
	6.1 Kommunale Handlungsfelder .....	132
	6.2 Handlungsfeld 0: Verwaltungshandeln und Projektentwicklungsstrategie .....	133
	6.3 Fokus-Handlungsfeld 1: Energieversorgung .....	138
	6.4 Handlungsfeld 2: Städtebau/ Freiraum .....	148
	6.5 Handlungsfeld 3: Gebäude .....	153
	6.6 Handlungsfeld 4: Mobilität/ Verkehr .....	157
	6.7 Handlungsfeld 5: Akzeptanz/ Nutzerverhalten .....	162
<b>7</b>	<b>FAZIT UND AUSBLICK</b> .....	<b>168</b>
<b>8</b>	<b>ANHANG</b> .....	<b>174</b>
	8.1 Abkürzungsverzeichnis .....	174
	8.2 Abbildungsverzeichnis .....	176
	8.3 Literaturverzeichnis .....	177
	8.4 Literaturverzeichnis Projektanalysen .....	187

# EINFÜHRUNG

**8** Ausgangslage und Ziel

**10** Methode und Aufbau





1

# 1 EINFÜHRUNG

## 1.1 AUSGANGSLAGE UND ZIEL

Die Publikation entstand am Zentrum für Nachhaltige Stadtentwicklung an der Hochschule für Technik Stuttgart (HFT). Ausgangspunkt für die Veröffentlichung war die Forschungs- und Innovationspartnerschaft „Intelligente Stadt (i\_city)“, an der die Verfasserinnen zwischen 2017 und 2019 beteiligt waren. i\_city ging aus dem bundesweiten Wettbewerb „FH-Impuls“ hervor und wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Um innovative und praxisnahe Konzepte für eine nachhaltige und ressourcenschonende Stadtentwicklung zu erarbeiten, wurden alle Forschungsaktivitäten an der HFT gebündelt und Kooperationen mit externen Partnern aufgebaut. In sechs Handlungsfeldern wurden insgesamt 13 Teilprojekte bearbeitet.

Das Teilprojekt „Spinelli in Mannheim“ (Laufzeit: 9/2017-9/2019) beschäftigte sich mit der Frage, wie Städte neue Baugebiete entwickeln können, die möglichst wenig CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen und somit einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Der Fokus lag dabei auf Baugebieten mit einem hohen Anteil an Geschosswohnungsbau. Als beispielhaftes Untersuchungsgebiet diente die ca. 80 ha große Militärbrache der Spinelli Barracks in Mannheim. Im Rahmen des Forschungsprojekts koope-

rierte die Hochschule mit verschiedenen Akteuren vor Ort (Stadtverwaltung, städtische Projektentwicklungsgesellschaft, Energieversorger) sowie einem externen Projektentwickler (weitere Informationen zum Forschungsprojekt siehe Kap. 5). An der HFT arbeiteten in dem Teilprojekt die Zentren für Nachhaltige Stadtentwicklung (ZNS), für Nachhaltige Energietechnik (zafh.net) sowie für Geodäsie und Geoinformatik (ZGG) zusammen. Neben umfassenden Grundlagenrecherchen und Auswertungen von beispielhaften Projekten war die HFT in den laufenden Planungsprozess der Konversionsfläche Spinelli in Mannheim involviert. Die HFT brachte fachlichen Input ein und entwickelte zudem einen eigenen innovativen Vorschlag, wie die geplante Bebauung auf den Spinelli Barracks klimaschonend mit Energie versorgt werden könnte. Die konzeptionellen Überlegungen wurden den Projektpartnern vor Ort vorgestellt und einige Inhalte flossen in den vom Gemeinderat beschlossenen städtebaulichen Rahmenplan ein. Aus verschiedenen Gründen konnten allerdings die Vorschläge der HFT für die Energieversorgung zunächst nicht in dieser Form realisiert werden.

Bei der vertieften Beschäftigung mit der Frage, warum in der Praxis nicht häufiger Neubauquartiere mit ambitionierten Klimaschutzzielen realisiert werden und warum das von der HFT vorgeschlagene Energiekonzept in

Abb. 1: Handlungsfelder des Forschungsprojekts i\_city der HFT



Quelle: eigene Darstellung

Mannheim zunächst nicht weiter verfolgt werden konnte, zeigte sich, dass Städte häufig ihre Möglichkeiten nicht ausschöpfen, um die Entstehung von klimaschonenden Baugebieten voranzutreiben. Stadtverwaltungen, insbesondere dem für die Planung zuständigen Amt, kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Für die Umsetzung stehen eine Reihe von Steuerungsinstrumenten zur Verfügung. Da wegen des großen Wohnungsmangels vielerorts in den nächsten Jahren Flächen entwickelt werden, müssen Städte und Gemeinden sich intensiv damit beschäftigen, wie dabei dem drängenden Problem des Klimawandels begegnet werden kann.

Angesichts dieser Erkenntnisse im Forschungsprojekt entstand die Idee, in einer Publikation die Handlungsoptionen für Städte systematisch aufzubereiten. Diese Veröffentlichung richtet sich vor allem an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Bauverwaltungen und kommunale Entscheidungsträger (v.a. Gemeinderäte). Sie sollen sich bei der Entwicklung von Baugebieten ihrer Einflussmöglichkeiten bewusst werden und die Chancen für die Umsetzung von klimaschützenden Maßnahmen nutzen. Hierzu möchte die Veröffentlichung beitragen. Sie soll eine Hilfestellung sein, um den Planungsprozess strategisch zu organisieren und auf das jeweilige Projekt abgestimmte Maßnahmen zu initiieren oder ggf. selber umzusetzen. Wegen der großen Bedeutung für den Klimaschutz liegt ein Schwerpunkt auf der Frage, wie eine möglichst CO<sub>2</sub>-arme Energieversorgung konzipiert und umgesetzt werden kann. Stadtplanungsämtern kommt dabei nach Auffassung des Forschungsteams eine sehr wichtige Rolle zu. Die vorliegende Publikation bietet Nicht-Energieexperten (v.a. Stadtplanern) einen prägnanten Überblick rund um das Thema Energieversorgung bei der Planung von neuen Baugebieten. Mit Blick auf

die komplexen Herausforderungen der Stadtentwicklung wird auch die Frage beleuchtet, wie das Schwerpunktthema Energie eng mit den Themen Soziales, Kosten/ Bezahlbarkeit, Mobilität und Baukultur/ Gestaltungsqualität verknüpft werden kann.

Die Folgen des Klimawandels treten immer deutlicher in Erscheinung. Jede Stadt ist daher gefordert, Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele zu ergreifen. Ein großer Beitrag kann – neben Verbesserungen im Bestand – durch klimaschonende Neubaugebiete geleistet werden. Ziel der Veröffentlichung ist es daher, eine Bandbreite an Steuerungsinstrumenten und Möglichkeiten aufzuzeigen, wie Städte strategisch vorgehen können, um bei Neubaugebieten die CO<sub>2</sub>-Emissionen möglichst gering zu halten. Die Publikation soll Anregungen für die kommunale Praxis geben und Erfahrungen aus dem Forschungsprojekt i\_city nutzbar machen. Neben der formellen Planung geht es vor allem um informelle Instrumente und die Zeitplanung. Angesichts der Komplexität des Themas und der Unterschiedlichkeit von Rahmenbedingungen bei Projekten ist es nicht das Ziel, im Sinne eines Leitfadens genaue Anleitungen für die Vorgehensweise bei Neubaugebietprojekten zu geben. Statt einer abzuarbeitenden „Checkliste“ wird ein Spektrum an Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt, die Städten für die Entwicklung klimaschonender Baugebiete zur Verfügung stehen. Für eine vertiefte Auseinandersetzung wird auf weiterführende Literatur und Projektbeispiele verwiesen. Aktuell verändern sich viele Sachverhalte (z.B. Gesetze, CO<sub>2</sub>-Steuer) beim Thema Klimaschutz sehr dynamisch. Fakten und Daten entsprechen dem Stand 2019/ 2020. Lesern wird empfohlen, stets die aktuelle Gesetzeslage oder Förderbedingungen zu prüfen.

Abb. 2: Fragestellung der Publikation



Quelle: eigene Darstellung

## 1.2 METHODE UND AUFBAU

Zentrale Erkenntnis des Forschungsprojekts war, dass die (kommunale) Stadtplanung bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen im Zuge von Gebietsentwicklungen eine federführende Rolle übernehmen sollte. Aufbau und Inhalte der Publikation orientieren sich daher an dieser Zielgruppe. Mitarbeiter von Bauverwaltungen und kommunale Entscheidungsträger erhalten mit dieser Publikation kompakte Informationen zu den Themen Klimaschutz und Energie sowie einen praxisorientierten Überblick über Handlungsoptionen und beispielhafte Projekte.

Die Publikation gliedert sich in insgesamt sieben Kapitel. Zu Beginn werden in Kapitel 2 die wichtigsten Grundlagen und Rahmenbedingungen zusammengefasst und der aktuelle Stand der Diskussion und Forschung in knapper Form aufbereitet. Dabei wird auf das Thema Klimawandel und seine Bedeutung für Neubaugebiete eingegangen. Ziel ist es, die große Relevanz der Themen Klimaschutz und Energie(versorgung) bei der Entwicklung neuer Quartiere zu vergegenwärtigen. In einem Überblick werden die relevanten gesetzlichen Rahmenbedingungen erläutert. Das Thema Klimaschutz im Baugesetzbuch bzw. in der Bauleitplanung wird dabei vertieft behandelt. Um das Schwerpunktthema Energie in einen größeren Kontext zu stellen, werden am Ende des Grundlagenkapitels sonstige wichtige Herausforderungen der Stadtentwicklung zusammengefasst. Wegen der großen

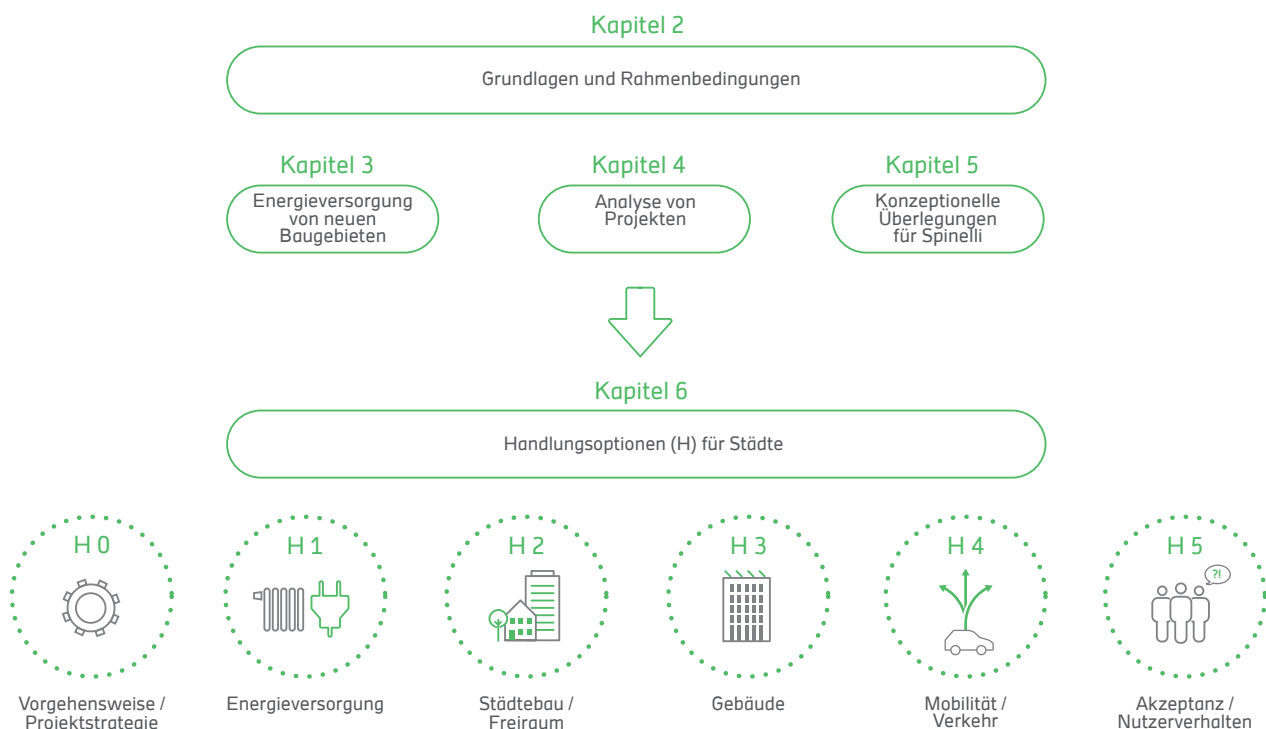
Bedeutung für den CO<sub>2</sub>-Ausstoß von neuen Baugebieten werden die Themen Energie und Energieversorgung in einem separaten

Kapitel aufbereitet. Da bei diesen Themen davon auszugehen ist, dass es sich in der Regel nicht um Grundlagenwissen von in Planungsämtern Tätigen handelt, sind die Erläuterungen etwas ausführlicher. Für die Beschreibung der Grundlagen wurde eine umfassende Dokumentenanalyse durchgeführt und eine Vielzahl an Veröffentlichungen aus unterschiedlichen Fachgebieten ausgewertet. Auf Quellen für weiterführende Informationen wird in den jeweiligen Kapiteln verwiesen.

Kapitel 4 gibt eine Übersicht über Projekte, die im Rahmen des Forschungsprojekts ausgewertet wurden. Die Analyse erfolgte unter der Fragestellung, welche Maßnahmen zum Schutz des Klimas ergriffen und wie diese umgesetzt wurden. Mit Hilfe eines Untersuchungsrahmens wurden die Projekte systematisch untersucht und Besonderheiten sowie Erfolgsfaktoren herausgearbeitet. Die Erkenntnisse aus den Projektanalysen dienen als eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung der in Kapitel 6 dargestellten Handlungsoptionen für Städte.

In Kapitel 5 werden die Vorgehensweise sowie die Erkenntnisse beschrieben, die das Forschungsteam im Zuge der zweijährigen Beteiligung am Konversionsprojekt Spinelli und der Zusammenarbeit mit den Projektpartnern in Mannheim gewinnen konnte. Die Mitarbeiter im Forschungsprojekt waren als außenstehende, unabhängige Experten in die Prozesse eingebunden, nahmen an verschiedenen Veranstaltungen und Terminen (z.B. Work-

Abb. 3: Aufbau der Publikation



Quelle: eigene Darstellung

shops, Abstimmungsgespräche zwischen Akteuren) teil und erhielten durch die Zusammenarbeit mit den Akteuren vor Ort direkte Einblicke in die Verfahren und Entscheidungsprozesse. Zudem erarbeitete die Hochschule eigene Vorschläge für eine besonders klimaschonende Energieversorgung für Spinelli, die in die Diskussionen eingebracht und mit den Projektpartnern im Hinblick auf eine mögliche Umsetzung geprüft wurden.

Kapitel 6 stellt den Hauptteil der Publikation dar. Darin wird systematisch herausgearbeitet, welche Möglichkeiten Städte haben, um bei der Entwicklung von neuen Baugebieten die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu minimieren. Es werden sechs Handlungsfelder unterschieden und vielfältige Handlungsoptionen und Steuerungsinstrumente aufgezeigt, die Stadtverwaltungen zur Verfügung stehen, um die Entstehung möglichst klimaschonender Baugebiete zu initiieren und voranzutreiben. Die Handlungsoptionen sind inhaltlich so aufgebaut, dass zunächst die Ausgangslage kurz erläutert oder auf die entsprechenden Ausführungen im Grundlagenkapitel verwiesen wird. Anschließend wird beschrieben, wie Verwaltungen strategisch vorgehen und ggf. selber Maßnahmen umsetzen können. Falls bekannt werden am Ende der jeweiligen Handlungsoption beispielhafte Projekte aufgeführt, bei denen bereits solche Ansätze zur Anwendung kamen. Ebenfalls wird auf weiterführende Literatur zu dem Thema verwiesen. Die Publikation wird mit einer Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse und einem Ausblick auf künftige Entwicklungen abgeschlossen.

# GRUNDLAGEN UND RAHMENBEDINGUNGEN

14 Klimawandel

17 Gesetzliche Grundlagen

28 Aktuelle Herausforderungen der Stadt- und Quartiersentwicklung



2

# 2 GRUNDLAGEN UND RAHMENBEDINGUNGEN

## 2.1 KLIMAWANDEL

### 2.1.1 Aktueller Stand und Entwicklungen

Seit der Industrialisierung erwärmt sich das Weltklima zunehmend. Verantwortlich dafür ist vor allem der Anstieg an Treibhausgasen. Dabei ist Kohlendioxid das bedeutendste Klimagas – 2017 betrug sein Anteil an den gesamten Treibhausgasemissionen 88,0 %. Kohlendioxid wird vor allem durch das Verbrennen fossiler Energieträger wie Kohle und Erdöl, durch Tierhaltung sowie bei industriellen Prozessen freigesetzt. Der steigende Gehalt an Treibhausgasen führt zur eindeutig nachweisbaren Erwärmung der Erdatmosphäre und somit zum Klimawandel. Der globale Temperaturanstieg gefährdet in einem noch wenig verstandenen Ausmaß die Stabilität des globalen Klimasystems, die Ernährungsgrundlage vieler Menschen, küstennahe Siedlungsgebiete sowie die ohnehin unter hohem Druck stehende Biodiversität. Die Folgen des Klimawandels treten weltweit immer drastischer in Erscheinung (z.B. schmelzendes Gletscher- und Meereis, Waldbrände). Es ist mit einer weiteren Zunahme von Wetterextremen wie Hitzeperioden, Dürren, Starkregen und Stürmen zu rechnen. Die dadurch verursachten Schäden führen zu enormen gesellschaftlichen, gesundheitlichen und wirtschaftlichen Belastungen. Städtische Räume sind wegen ihrer hohen Bebauungs- und Bevölkerungsdichte und ihrer sensiblen Infrastruktur besonders anfällig gegenüber Wetterextremen. Die direkten und indirekten Folgekosten des globalen Klimawandels, die auch Deutschland treffen, sind heute noch nicht gänzlich abschätzbar. (vgl. BMU 2018: 14-16)

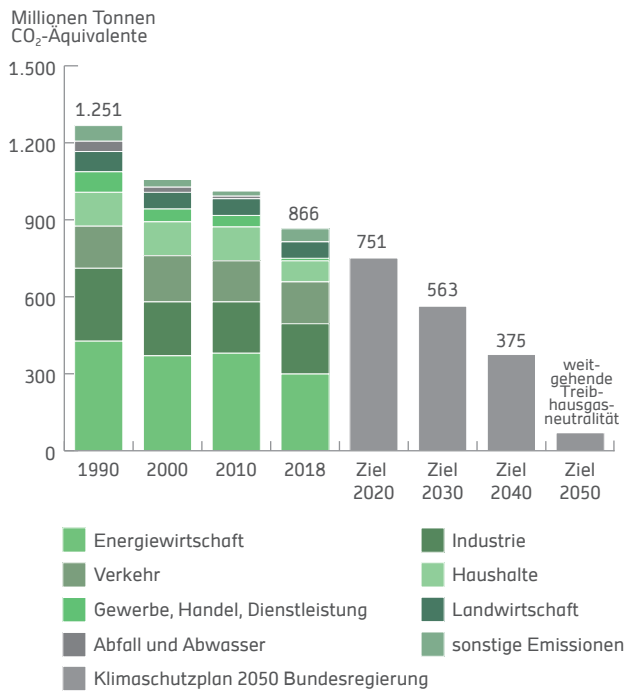
Laut Deutschem Wetterdienst stieg die mittlere jährliche Lufttemperatur in den letzten 130 Jahren um etwa ein Grad C an; die Erwärmung hat sich in den letzten Jahrzehnten beschleunigt. Mit einer Mitteltemperatur von 10,5 °C war 2018 das wärmste Jahr seit Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen im Jahr 1881. Problematisch war vor allem die langanhaltende Trockenheit von Februar bis November. Die Kombination aus hohen Temperaturen und geringen Niederschlägen machte das Jahr 2018 zu einem Jahr der Wetterextreme und führte zu erheblichen Schäden (z.B. Ernteausfall, Starkregen). (vgl. Website DWD)

#### Klimawandel und CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Zahlen

Deutschland hat als eine der größten Volkswirtschaften der Welt seit Beginn der Industrialisierung fast 5 % zur globalen Erderwärmung beigetragen, obwohl aktuell die Bevölkerung nur rund 1 % der Weltbevölkerung ausmacht (vgl. BMU 2018: 10). Nach einer aktuellen Schätzung des Umweltbundesamts wurden im Jahr 2018 in Deutschland insgesamt 866 Mio. t Treibhausgase (sog. CO<sub>2</sub>-Äquivalente) ausgestoßen (um 30,1 % weniger gegenüber 1990) (vgl. Website UBA\_o). Zuletzt wurde davon ausgegangen, dass das Ziel der Bundesregierung klar verfehlt wird, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2020 um 40 % zu reduzieren. Im Jahr 2019 sind allerdings die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland deutlich gesunken. Gegenüber dem Vorjahr sind die Emissionen um 54 Mio. t oder um 6,3 % zurückgegangen. Insgesamt wurden 2019 rund 805 Mio. t Treibhausgase in Deutschland ausgestoßen. Da der Treibhausausstoß damit etwa 35,7 % unter dem von 1990 liegt, könnte Deutschland seinem Klimaschutzziel von 40 % (im Vergleich zu 1990) doch noch überraschend nahekommen. Mit Abstand am stärksten sanken mit 51 Mio. t die Emissionen der Energiewirtschaft, da deutlich weniger Kohle für die Stromversorgung verbrannt wurde. Als Ursache dafür gelten die gestiegenen Emissionshandelspreise auf Grund von Reformen des europäischen Emissionshandels. Die Verknappung von Verschmutzungsrechten führte 2018 zu einer Verdoppelung der Preise. Im Durchschnitt kostete die Tonne CO<sub>2</sub> fast 25 Euro. Während auch in der Industrie und in der Landwirtschaft die Emissionen zurückgingen, stiegen sie 2018 im Verkehrsbereich leicht um 1,2 Mio. t auf 163,5 Mio. t. Neue Fahrzeuge waren zwar sparsamer, zugleich nahmen aber deren Zahl und Gewicht zu, sodass in der Summe mehr Treibstoff verbraucht wird. Auch im Gebäudesektor nahmen die Emissionen 2019 um fünf Mio. t (4,4 %) zu. (vgl. Website Bundesregierung 2020)



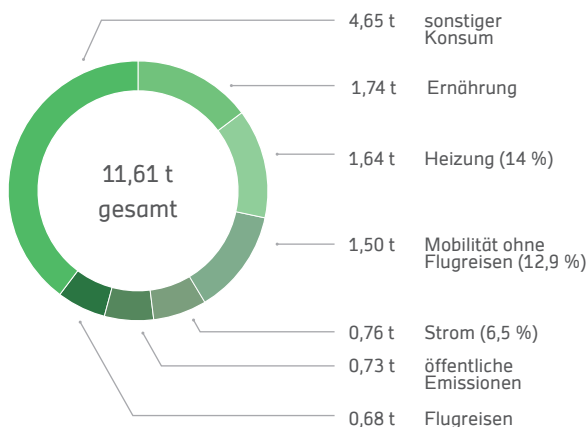
Abb. 4: Emissionen der von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckten Treibhausgase



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA

Pro Kopf lagen 2019 in Deutschland die durchschnittlichen jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) bei 11,61 t (Ziel 2050: 2 t/a). Das heißt, pro Tag stößt in Deutschland eine Person im Durchschnitt fast 31,8 kg CO<sub>2</sub> aus. Etwa 14 % der Emissionen entfallen auf die Heizung, 6,5 % auf Strom und etwa 12,9 % auf die Mobilität ohne Flugreisen bzw. 18,8 % mit Flugreisen (vgl. BMU 2019a: 53).

Abb. 5: durchschnittliche jährliche Treibhausgasbilanz eines deutschen Bürgers



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: BMU 2019a: 53

## 2.1.2 Politische Rahmenbedingungen und Zielsetzungen

Auf der Pariser Klimaschutzkonferenz im Dezember 2015 haben sich 195 Länder darauf geeinigt, die Klimaerwärmung deutlich unter 2 °C und möglichst unter 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen und dafür feste Obergrenzen bei den Emissionen einzuhalten. Die EU-Mitgliedsstaaten haben sich daraufhin verpflichtet, bis 2030 gemeinsam die Treibhausgasemissionen um mindestens 40 % gegenüber 1990 zu reduzieren. In den darauffolgenden Klimakonferenzen wurden die Arbeitsprogramme zur Erreichung der Ziele weiterentwickelt (vgl. BMU 2018: 18-23). Wie schwierig die Umsetzung ist, zeigte die letzte Klimakonferenz im Dezember 2019 in Madrid. In wichtigen Punkten konnte keine Einigung erreicht werden.

Mit dem Klimaschutzplan 2050 hat die Bundesregierung im Jahr 2017 eine langfristige Strategie beschlossen, die eine weitgehende Treibhausgasneutralität bis zur Mitte des Jahrhunderts zum Ziel hat (vgl. BMU 2018: 24 f.). Auf europäischer Ebene hat Deutschland gegenüber 2015 ein Treibhausgasminderungsziel von 14 % bis 2020 und 38 % bis 2030 übernommen. Bis 2017 sind die Emissionen jedoch nur um 3 % gesunken. Eine Verfehlung der europarechtlich verbindlichen Ziele führt mittelfristig zu erheblichen Zahlungspflichten. Um den Ausstoß von Treibhausgasen im erforderlichen Maße zu mindern, hat die Bundesregierung als erste Regierung weltweit in einem Klimaschutzgesetz ihr nationales Klimaschutzziel verbindlich festgeschrieben. Das am 18.12.2019 in Kraft getretene Klimaschutzgesetz sieht vor, die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 schrittweise um mindestens 55 % bis zum Jahr 2030 zu mindern. Langfristig verfolgt die Bundesregierung das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2050. Per Gesetz werden jährliche CO<sub>2</sub>-Minderungsziele und Emissionsmengen für alle Sektoren festgesetzt und überprüft. Die Einhaltung der Emissionsbudgets ist Aufgabe des jeweiligen Ministeriums. Wird das Ziel verfehlt, muss das zuständige Ministerium innerhalb von drei Monaten ein Sofortprogramm zum Beschluss vorlegen. (vgl. Die Bundesregierung 2019b: 1-5) Eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen in großem Umfang kann nur durch einen Ausstieg aus der Kohleverstromung, eine deutliche Senkung des Energieverbrauchs, Innovationen bei den Versorgungssystemen sowie durch die effiziente Nutzung von regenerativen Ressourcen erreicht werden. Insbesondere im Verkehrs- und Stromsektor liegen große Herausforderungen für die Energiewende. Kernkraftwerke, die wenig CO<sub>2</sub> ausstoßen, gehen im Zuge des Atomausstiegs nach und nach bis 2022 vom Netz – im Januar 2019 hat die von der Bundesregierung eingesetzte Kohlekommission den Ausstieg aus der Kohle bis spätestens 2038 beschlossen.

## CO<sub>2</sub>-Steuer

Im Rahmen des Klimaschutzprogramms wurde im Dezember 2019 beschlossen, eine Abgabe auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß (CO<sub>2</sub>-Steuer) einzuführen und im Brennstoffemissionshandelsgesetz festzuschreiben. So wie es bereits im Rahmen des europäischen Emissionshandels für die Energiewirtschaft und die energieintensive Industrie gilt, wird CO<sub>2</sub> nun auch in den Bereichen Verkehr und Gebäude einen Preis erhalten. Durch einen höheren Preis für fossile Energieträger soll eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes vorangetrieben werden. Bund und Länder einigten sich im Vermittlungsausschuss darauf, den CO<sub>2</sub>-Preis ab Januar 2021 zunächst auf 25 € je Tonne festzulegen. Danach steigt der Preis in Fünf-Euro-Schritten bis zu 55 € je Tonne im Jahr 2025 an. Für das Jahr 2026 soll ein Preiskorridor von mindestens 55 und höchstens 65 € pro Tonne gelten. Die Einnahmen aus der CO<sub>2</sub>-Bepreisung sollen in Klimaschutzmaßnahmen reinvestiert oder an die Bürger in Form einer Entlastung an anderer Stelle zurückgegeben werden. Die CO<sub>2</sub>-Steuer hat weitreichende Auswirkungen beispielsweise auf die Wirtschaftlichkeit von Wärmeversorgungssystemen von Quartieren (vgl. Website Bundesregierung CO<sub>2</sub>). Ein wesentliches Problem bestand lange darin, einen Wert für eine Tonne CO<sub>2</sub>-Ausstoß festzulegen. Das Umweltbundesamt hat 2018 berechnet, dass eine Tonne CO<sub>2</sub> einen Schaden von etwa 180 € verursacht. Ein Einstiegswert, der von den meisten Parteien als viel zu hoch angesehen wurde, aber beispielsweise von der Schülerbewegung „Fridays for future“ gefordert wird (vgl. Website UBA 2018).

### 2.1.3 Klimaschutz und -anpassung



Grundsätzlich können zwei auch für die Stadtplanung wichtige Ansätze für den Umgang mit dem Klimawandel unterschieden werden: Klimaschutz (Mitigation) und Klimaanpassung (Ad-

option). Während beim Klimaschutz das Ziel verfolgt wird, die klimarelevanten Treibhausgase zu reduzieren, zielt die Klimaanpassung darauf ab, die unvermeidbaren und bereits eingetretenen Folgen des Klimawandels abzumildern und Schäden zu vermeiden. Beiden Ansätzen kommt bei der Entwicklung neuer Stadtquartiere eine immer größere Bedeutung zu. Die vielfältigen Möglichkeiten zur Klimaanpassung sind nicht Gegenstand der Publikation, sollten aber bei den Planungen ebenso frühzeitig und umfassend berücksichtigt werden wie Maßnahmen zum Schutz des Klimas. Bei der Entwicklung von Quartieren gibt es vielfältige Möglichkeiten für präventive Maßnahmen. Es gibt zahlreiche Studien, Veröffentlichungen und Unterstützungsangebote, die Maßnahmen zur Klimaanpassung in den Städten aufzeigen (s.u.). Klimaschutz und Klimaanpassung können bei der Entwicklung

neuer Baugebiete aber auch zu Konflikten führen, die im Zuge der Planung abgewogen werden müssen. Beispielsweise dient eine lockere Bebauung mit einem hohen Freiflächenanteil der Klimaanpassung, während eine dichte energie- und flächensparende Bebauung einen Beitrag zum Klimaschutz leistet. Ein weiteres Thema liegt beispielsweise in der Orientierung und Erwärmung von Gebäuden. Während Baustrukturen häufig für einen maximalen Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung optimiert werden, was im Winter energetisch sinnvoll ist, sollte im Sommer eine Vermeidung von übermäßiger Besonnung im Fokus stehen. Auftretende Zielkonflikte sollten frühzeitig behandelt und im Idealfall Synergien angestrebt werden.

Auch beim Untersuchungsgebiet der Spinelli Barracks wurden Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel ergriffen. Zeitgleich zur HFT bearbeitete das KIT (Institut für Regionalwissenschaften) das Forschungsprojekt KomKlim, das sich mit den Möglichkeiten und Grenzen von Maßnahmen zur Klimaanpassung in der Bauleitplanung beschäftigte. Auf Grundlage der Ergebnisse wurde die Bebauungsstruktur teilweise angepasst, um die Durchlüftung zu verbessern. (vgl. Website KIT; Vogt/ Böhnke/ Norra 2018)



#### Weiterführende Literatur

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) 2016: Anpassung an den Klimawandel in Stadt und Region Forschungserkenntnisse und Werkzeuge zur Unterstützung von Kommunen und Regionen.

Deutscher Städtetag 2019: Anpassung an den Klimawandel in den Städten. Forderungen, Hinweise und Anregungen. Berlin, Köln.

Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz beim Deutschen Institut für Urbanistik 2015: Klimaschutz & Klimaanpassung. Wie begegnen Kommunen dem Klimawandel? Beispiele aus der kommunalen Praxis. Köln.

Website Stadtklimalotse: KlimaExWoSt Stadtklimalotse

Website UBA\_Klimalotse: Klimalotse des Umweltbundesamts

### 2.1.4 Kommunaler Klimaschutz

Im Rahmen der kommunalen Selbstverwaltung haben Städte vielfältige Möglichkeiten, um einen Beitrag zum Schutz des Klimas zu leisten. Im Mai 2019 hat Konstanz als erste Stadt in Deutschland den Klimanotstand ausgerufen. Viele Städte reagieren mittlerweile aktiv auf die Herausforderungen des Klimawandels und haben beispielsweise kommunale Klimaschutz- und Energiekonzepte erarbeitet, um Zielsetzungen zu definieren und Möglichkeiten aufzuzeigen, wie die Emissionen von Treibhausgasen vermindert werden können. Kommunale Klimaschutzkonzepte dienen als wichtiges kommunales Planungsinstrument und Entscheidungsgrundlage, um Ziele der Energieeinsparung und Energieeffizienz zu er-

reichen. Die Konzepte ermöglichen den Klimaschutz als Querschnittsaufgabe in der Stadt zu verankern. Wichtige Handlungsmöglichkeiten für Städte sind das Flächenmanagement, die eigenen Liegenschaften, das kommunale Beschaffungswesen, IT bzw. Rechenzentren, die Straßenbeleuchtung, die privaten Haushalte und die Bereiche Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie erneuerbare Energien, Mobilität, Abwasser und Abfall. Durch die Übertragung in die Bauleitplanung, in Satzungen oder in Verträge können die informellen Konzepte verbindlich umgesetzt werden. (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2017: 3)

Um Maßnahmen für den Klimaschutz zu initiieren und umzusetzen, wurde in den letzten Jahren in vielen Stadtverwaltungen eigene Stellen oder Einrichtungen für den Klimaschutz geschaffen (z.B. Leitstellen, Agenturen für Klimaschutz, Gremien). Einige Städte versuchen sich durch das Thema Klimaschutz im Wettbewerb mit anderen Städten zu profilieren und dadurch Standortvorteile zu generieren. Durch die Forcierung von Klimaschutzmaßnahmen kann auch ein Beitrag zur Förderung der lokalen Wirtschaft geleistet werden.



### Projektbeispiel

#### Konstanz: Klimanotstand

Der Gemeinderat der Stadt Konstanz hat am 2. Mai 2019 einstimmig eine Resolution zur Ausrufung des Klimanotstands beschlossen. Der Ratsbeschluss ist mit dem Auftrag für die Stadtverwaltung verbunden, folgende Maßnahmen zur Beschleunigung der Klimaschutzziele zu prüfen und dem Rat erneut zur Beschlussfassung vorzulegen:

- Klimaneutrale Energieversorgung von Neubauten
- Mobilitätsmanagement für die Gesamtstadt
- Energiemanagement für städtische Gebäude
- Maßnahmen zur Erhöhung der Sanierungsrate im Stadtgebiet
- Zielkatalog Stadtwerke Konstanz
- Ziele im European Energy Award

Seit Februar 2019 demonstriert auch in Konstanz die Fridays-for-Future-Bewegung (FFF) für eine deutliche Intensivierung der Klimaschutzanstrengungen. Am 27. Februar 2019 führten die Vertreter der Bewegung mit dem Konstanzer Oberbürgermeister ein Gespräch. Er beauftragte daraufhin die Verwaltung, eine Beschlussvorlage zur Ausrufung des Klimanotstands zu erarbeiten. Auch fünf Ratsfraktionen hatten einen Antrag zur Ausrufung des Klimanotstands gestellt. (vgl. Website Konstanz)



### Weiterführende Literatur

Deutsches Institut für Urbanistik (Hg.) 2018: Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage.

## 2.1.5 Klimaschutz auf der Ebene neuer Baugebiete

Angesichts der dramatischen Folgen des Klimawandels muss sowohl global (z.B. Pariser Klimaabkommen) und national (z.B. Klimaschutzgesetz), als auch lokal dem Klimawandel begegnet werden. Neue Baugebiete sind

eine ideale Planungsebene zwischen allgemeinen Zielen auf Stadtebene und der Betrachtung einzelner Gebäudelösungen. Auf dieser Ebene lassen sich Maßnahmen sowohl zur Anpassung an die bereits eingetretenen Folgen des Klimawandels, als auch zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen besonders effektiv umsetzen. Das Quartier als Planungs- und Bezugsraum eignet sich hervorragend, um die Energiewende voranzutreiben und die Klimaziele zu erreichen, da sich unmittelbar bei der Lebenswirklichkeit der Bewohner ansetzen lässt und Maßnahmen bei den großen Energieverbrauchern – Heizung, Strom und Mobilität – realisiert werden können. Wegen der langen Nutzungsdauer und der schwierigen Veränderbarkeit von gebauter Stadt sollte bei der Realisierung von Neubauquartieren unbedingt die Chance genutzt werden, deren CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Anfang an dauerhaft möglichst gering zu halten.

Aber nicht nur das Klima befindet sich aktuell in einem Wandel, sondern auch andere für die Stadtentwicklung wichtige Themen: Die Gesellschaft wird älter und vielfältiger (demografischer Wandel), die Wohnkosten steigen stark an, die Digitalisierung revolutioniert das Alltags- und Arbeitsleben, die Mobilität steht vor Umbrüchen, die Umweltbelastungen nehmen zu, die Rollen von Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft verändern sich etc. Bei der Entwicklung von zukunftsfähigen Stadtquartieren müssen daher neben Aspekten des Klimaschutzes ebenso städtebauliche, ökonomische, soziale, ökologische, baukulturelle und politische Belange in ein abgestimmtes Gesamtkonzept eingebunden werden.

## 2.2 GESETZLICHE GRUNDLAGEN

Bei der Entwicklung neuer Baugebiete sind eine Vielzahl von gesetzlichen Regelwerken zwingend einzuhalten. Es gibt aber auch Gesetze, die es Kommunen überhaupt erst ermöglichen, bestimmte Entwicklungen in eigener Verantwortung gezielt zu steuern und voranzutreiben. Um der Erderwärmung zu begegnen, wurden in den letzten Jahren auf verschiedenen Ebenen Gesetze mit klimapolitischem Hintergrund erlassen oder angepasst, die auch für die Entwicklung von neuen Baugebieten von Relevanz sind. Da sich die gesetzlichen Rahmenbedingungen auf Bundesebene seit den 2000er Jahren sehr dynamisch verändern und mittlerweile äußerst komplex sind, wird hier ein inhaltlicher Überblick über die wichtigsten Gesetze für das Bauen gegeben. Wegen der laufenden Anpassungen ist es erforderlich, stets die aktuelle Gesetzeslage zu prüfen. Vertiefte Betrachtungen sowie aktuelle Rechtsprechung zu spezifischen Themen sind im Bereich der Rechtswissenschaft zu finden. Für Quartiers-

entwicklungen ist neben dem Planungsrecht in Form des Baugesetzbuchs und dem Bauordnungsrecht in Form von örtlichen Bauvorschriften vor allem das Energiefachrecht von Bedeutung.

## 2.2.1 Baugesetzbuch und Klimaschutz



Da das Baugesetzbuch (BauGB) für die Stadtplanung das wichtigste Instrument bei der Entwicklung neuer Baugebiete darstellt, werden die Regelungs- und Einflussmöglichkeiten im Hinblick auf den Klimaschutz detailliert dargestellt. Das Bauplanungsrecht bietet vielfältige rechtliche Möglichkeiten, bei der Entwicklung neuer Baugebiete entweder Maßnahmen für den Schutz des Klimas verbindlich umzusetzen oder zumindest geeignete Rahmenbedingungen hierfür zu schaffen. Im Folgenden werden die relevanten Paragraphen des BauGB für Bebauungspläne und für städtebauliche Verträge erläutert.

### Bebauungsplanung

Seit 1976 findet sich der Schutz der Umwelt als wichtiges Leitmotiv des öffentlichen Baurechts im Baugesetzbuch; seit einigen Jahren schreibt der Bundesgesetzgeber ausdrücklich vor, dass auch Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung in der Bauleitplanung zu berücksichtigen sind. Städte können somit auch auf Grundlage des Städtebaurechts Maßnahmen für den Klimaschutz verbindlich vorgeben oder entsprechende Rahmenbedingungen schaffen. In der Praxis bestehen allerdings im Detail oft Unsicherheiten, welche Regelungsmöglichkeiten das Baugesetzbuch zur Durchsetzung von Belangen des Klimaschutzes (z.B. Nutzung erneuerbarer Energien, energieeffiziente Bauweise) tatsächlich bietet, da viele Formulierungen allgemein gehalten sind. Beispielsweise ist es nicht möglich, in einem Angebotsbebauungsplan den Gebäudeenergiestandard vorzugeben. Bei einigen Fragestellungen lassen sich auch in Kommentierungen zum Baugesetzbuch unterschiedliche Meinungen von Juristen finden. Die Auslegung der Gesetzestexte ist also oft nicht eindeutig. Für Klarheit muss dann aktuelle Rechtsprechung zu Einzelthemen sorgen. Im Zweifelsfall sind weitere juristische Prüfungen zu empfehlen, um möglichst gerichtsfeste Festsetzungen im Bebauungsplan treffen zu können. Wichtig ist es, bei der Aufstellung von Bebauungsplänen angesichts der komplexen Rechtslage die Regelungen in anderen Fachgesetzen zu beachten und Überschneidungen beispielsweise mit der EnEV oder dem EEG zu vermeiden.

Von Relevanz für die Aufstellung von Bebauungsplänen sind die folgenden Paragraphen im Baugesetzbuch:

#### § 1 Abs. 5 BauGB

*„Die Bauleitpläne sollen eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung, die die sozialen, wirtschaftlichen und umweltschützenden Anforderungen auch in Verantwortung gegenüber künftigen Generationen miteinander in Einklang bringt, und eine dem Wohl der Allgemeinheit dienende sozialgerechte Bodennutzung unter Berücksichtigung der Wohnbedürfnisse der Bevölkerung gewährleisten. Sie sollen dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern, sowie die städtebauliche Gestalt und das Orts- und Landschaftsbild baukulturell zu erhalten und zu entwickeln. Hierzu soll die städtebauliche Entwicklung vorrangig durch Maßnahmen der Innenentwicklung erfolgen.“*

#### § 1 Abs. 6 BauGB

*„Bei der Aufstellung der Bauleitpläne sind insbesondere zu berücksichtigen:*

- 7. die Belange des Umweltschutzes, einschließlich des Naturschutzes und der Landschaftspflege, insbesondere a) die Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen, Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima und das Wirkungsgefüge zwischen ihnen sowie die Landschaft und die biologische Vielfalt, f) die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie,*
- 8. die Belange e) der Versorgung, insbesondere mit Energie und Wasser, einschließlich der Versorgungssicherheit,“*

#### § 1a Abs. 5 Satz 2 BauGB

*„Den Erfordernissen des Klimaschutzes soll sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden. Der Grundsatz nach Satz 1 ist in der Abwägung nach § 1 Absatz 7 zu berücksichtigen.“*

#### § 1 Abs. 5 Satz 2 BauGB: Novellierungen des Baugesetzbuchs für den Klimaschutz

Im Jahr 2011 führte das sog. Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden (sog. Klimaschutznovelle, BGBl. 2011: 1509-1511; vgl. Deutscher Bundestag 2011) zu einigen Änderungen im Baugesetzbuch. In § 1 Abs. 5 Satz 2 BauGB wurde als Aufgabe der Bauleitplanung ergänzt, dass sie dazu beitragen soll, „den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern“. Diese Formulierung ersetzte eine bei der Novellierung des Baugesetzbuchs im Jahr 2004 eingeführte, weniger weitreichende Formulierung. Als sog. „Beitrags-

aufgabe“ sind somit auch Klimaschutz und -anpassung seit 2011 Gegenstand der Bauleitplanung. Der Bundesgesetzgeber führte diese Formulierung ein, da Bauleitpläne in vielfältiger Weise einen Beitrag zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes leisten können (z.B. planungsrechtliche Absicherung von technischen Anlagen, Maßnahmen zur Energieeinsparung im Gebäudebereich). Söfker (2016: Rn. 101) führt in seiner Kommentierung zu § 1 Abs. 5 BauGB aus, dass dies „weitreichende Bedeutung für das BauGB [hat]: Planungen und Maßnahmen nach dem BauGB, die iSd § 1 Abs. 5 Aufgaben verfolgen, sind städtebaulich begründet. Dies wirkt sich auf den zulässigen Inhalt der Bauleitpläne aus [...] sowie auf weitere Regelungsbereiche des BauGB, wie den zulässigen Inhalt städtebaulicher Verträge (§ 11).“

Weiter konkretisiert wurden diese Planungsziele in § 1 Abs. 6 Nr. 7 Buchst. a und f BauGB, die besagen, dass bei der Aufstellung von Bebauungsplänen insbesondere auch die Auswirkungen auf das Klima und die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie zu berücksichtigen sind. Das Baugesetzbuch sieht somit vor, dass durch lokale Stadtentwicklung globaler Klimaschutz betrieben wird. In Verwaltungen ist allerdings die Auffassung noch weit verbreitet, dass Festsetzungen für den allgemeinen Klimaschutz in Bebauungsplänen nicht zulässig sind, weil es sich dabei um einen überörtlichen Belang handelt (vgl. Söfker 2016: Rn. 6d, 101, 107a-107f).

### § 1 Abs. 6 Nr. 7 f BauGB: Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie

Angesichts des Ziels, regenerative Energien zu fördern und den Energieverbrauch zu senken, bestimmt § 1 Abs. 6 Nr. 7 f BauGB, dass bei der Aufstellung von Bebauungsplänen die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie zu berücksichtigen sind. Damit erhalten Gemeinden die Möglichkeit, geeignete Rahmenbedingungen für die Umsetzung von Vorgaben in anderen Fachgesetzen wie der EnEV oder dem EEWärmeG zu schaffen.

### § 1 Abs. 6 Nr. 8 e BauGB: Versorgung, insbesondere mit Energie und Wasser einschließlich der Versorgungssicherheit

Das Baugesetzbuch regelt in § 1 Abs. 6 Nr. 8 e, dass bei der Aufstellung von Bebauungsplänen insbesondere auch Belange der Versorgung mit technischer Infrastruktur (v.a. Energie und Wasser) zu berücksichtigen sind. Städte müssen sich also im Rahmen der Bauleitplanung mit einer ausreichenden Energie- und Wasserversorgung auseinandersetzen.

### § 1a Abs. 5 BauGB (sog. Klimaschutzklausel)

Im Zuge der Klimaschutznovelle des BauGB 2011 wurde § 1a Abs. 5 eingeführt. Das Bauplanungsrecht schafft damit die notwendigen und Schnittstellen, um Vorgaben

und finanzielle Anreize im Energiefachrecht umzusetzen. § 1a Abs. 5 BauGB konkretisiert das Prüfprogramm des § 1 Abs. 6 BauGB zum Klima, das der Gesetzgeber den Gemeinden im Rahmen der Abwägung auferlegt. Dadurch wurden die Gemeinden verpflichtet, im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung dem Belang des Klimaschutzes ergänzend Rechnung zu tragen (vgl. Deutscher Bundestag 2011). Krautzberger führt in seiner Kommentierung zum BauGB aus, dass Festsetzungen in Bebauungsplänen seither auf dieser Grundlage unmittelbar aus den Zielen des Klimaschutzes hergeleitet werden können – sie müssen aber rechtssystematisch weiterhin einen bodenrechtlichen Bezug aufweisen. Die Maßnahmen brauchen nicht mehr vorrangig städtebaulich, d.h. aus der konkreten örtlichen Situation heraus motiviert zu sein. Zur Begründung der Planung reicht es aus, wenn sie aus Gründen des Klimaschutzes erforderlich sind. Beispielsweise können damit die Ausrichtung und die Bauweise von Gebäuden gerechtfertigt werden. Belangen des Klimaschutzes kommt aber bei der Abwägung im Vergleich zu anderen Belangen kein Vorrang zu. (vgl. Krautzberger 2016: Rn. 262-263) Mit der Ergänzung von § 1a Abs. 5 BauGB wurde laut Krautzberger „das bisherige Dogma des örtlichen Bezugs und der städtebaulichen Erforderlichkeit der klimaschützenden Maßnahmen vom Gesetzgeber bewusst aufgegeben“. (Krautzberger 2016: Rn. 263) Gemeinden können in Bebauungsplänen seither Maßnahmen in ihrem Gemeindegebiet ergreifen, die ihre Rechtfertigung aus dem allgemeinen Klimaschutz herleiten. „Um [...] im Einzelfall festzustellen, ob eine dem Klimaschutz dienende Maßnahme aus bauleitplanerischer Sicht rechtlich zulässig und auch sinnvoll ist“, schlägt Krautzberger (2016: Rn. 264) in seiner Kommentierung zum Baugesetzbuch folgende Prüfungsreihenfolge vor: „So ist zu fragen, ob

- die beabsichtigte Maßnahme zugunsten des Klimaschutzes **bauleitplanerisch erforderlich** ist,
- sie den nach Art. 74 Abs. 1 Nr. 18 GG **gebotenen bodenrechtlichen Bezug** aufweist,
- eine entsprechende **Darstellungs- bzw. Festsetzungsmöglichkeit** den Katalogen des § 5 Abs. 2 bzw. § 9 Abs. 1 BauGB entnommen werden kann sowie
- ihre **Verhältnismäßigkeit** in Abwägung aller Belange gem. § 1 Abs. 7 BauGB gegenüber den **betroffenen Grundstückseigentümern** gegeben ist und auch
- **keine speziellere Vorschrift** aus dem Regelungsbereich des Energiefachrechts eine vergleichbare Zielsetzung verfolgt.“ (Krautzberger 2016: Rn. 264)

Neben vielen anderen Belangen wie dem sparsamen und schonenden Umgang mit Grund und Boden (§ 1a Abs. 2 BauGB) muss sich eine Gemeinde im Rahmen der Abwägung nach § 1 Abs. 7 BauGB zwingend mit den Auswirkungen der Planung auf das Klima auseinandersetzen. Klimaschutz ist daher nicht – wie vor der Gesetzesänderung – nur eine freiwillige Option im Rahmen der Bauleitplanung, sondern eine durch § 1a Abs. 5 BauGB angeord-

nete planerische Rechts- und damit Abwägungspflicht für Gemeinden. (vgl. Krautzberger 2016: 265)

Seit der Einführung dieser Ergänzungen im Baugesetzbuch ist es möglich, im Rahmen der Bauleitplanung auch Klimaschutzziele zu verfolgen. Bei der planerischen Abwägung stehen die Belange des Klimaschutzes jedoch gleichwertig neben anderen Belangen, die untereinander und gegeneinander abzuwägen sind, sodass sich Belange des Klimaschutzes auch nicht immer durchsetzen müssen. Die gesetzlichen Regelungen schließen auch den vorsorgenden Klimaschutz ein und beziehen sich nicht nur auf die örtlichen, sondern auf die allgemeinen bzw. globalen Belange des Klimas. Bei einer weiteren Gesetzesänderung im Jahr 2013 wurden die in § 1 Abs. 6 Nr. 8 e BauGB genannten Belange der Versorgung, insbesondere mit Energie und Wasser, um die Formulierung „einschließlich der Versorgungssicherheit“ ergänzt. Damit sollte der Tatsache Rechnung getragen werden, dass im Zuge der Energiewende der Versorgungssicherheit eine wachsende Bedeutung zukommt und die Gemeinden diesen Aspekt in der Bauleitplanung ebenfalls zu berücksichtigen haben. (vgl. Söfker 2016: Rn. 6d-e, 107a-b)

#### Umweltprüfung und Klimaschutz (§ 2 Abs. 4 BauGB)

Klimaschutz ist aber nicht nur durch den Grundsatz in § 1 Abs. 5 Satz 2 BauGB und die Klimaschutzklausel in § 1a Abs. 5 BauGB im Bauleitplanverfahren verankert, sondern die Belange müssen auch im Rahmen der vorgeschriebenen Umweltprüfung (§ 2 Abs. 4 BauGB) systematisch aufbereitet werden. Neben vielen anderen Belangen müssen sich die Gemeinden auch mit Klimaschutzbelangen planerisch auseinandersetzen. Sofern es sich nicht um ein vereinfachtes Verfahren nach § 13 BauGB handelt, wird die Erstellung eines Umweltberichts erforderlich. Entsprechend Anlage 1 zum Baugesetzbuch sind im Umweltbericht die erheblichen Umweltauswirkungen der geplanten Vorhaben auf das Klima (zum Beispiel Art und Ausmaß der Treibhausgasemissionen) und der Anfälligkeit der geplanten Vorhaben gegenüber den Folgen des Klimawandels im Umweltbericht zu beschreiben und zu bewerten.

#### Festsetzungsmöglichkeiten für den Klimaschutz in Angebotsbebauungsplänen (§ 9 Abs. 1 BauGB)

In Bebauungsplänen können verschiedene Festsetzungen getroffen werden, die die Entstehung von klimaschonender Bebauung unterstützen oder sogar bestimmte Maßnahmen vorschreiben. In diesem Zusammenhang sind die Gemeinden bei Angebotsbebauungsplänen an den Festsetzungskatalog des § 9 Abs. 1 BauGB gebunden. Vorhabenbezogene Bauungspläne müssen sich nicht an den Festsetzungskatalog des § 9 Abs. 1 BauGB halten und haben somit größeren Gestaltungsspielraum hinsichtlich Regelungsinhalt und -tiefe. In Bebauungsplänen getroffene Festsetzungen müssen sich städtebaulich begründen lassen. Städtebauliche

Gründe können nach Maßgabe von § 1 Abs. 5 Satz 2 und Abs. 6 BauGB hergeleitet werden und liegen z.B. bereits dann vor, wenn auf den Energieverbrauch reagiert werden soll, der durch die geplante Bodennutzung im Bebauungsplan hervorgerufen wird. Der Festsetzung von energetischen Aspekten im Bebauungsplan sind allerdings auch viele rechtliche Grenzen gesetzt, sodass – falls kein anderes Instrument in Frage kommt – im Einzelfall eine genauere rechtliche Untersuchung und Überprüfung der aktuellen Rechtsprechung zu empfehlen ist. Während viele konkrete Maßnahmen auf der Objektebene nicht festsetzbar sind (z.B. Energiestandard), gibt es eine Bandbreite an Festsetzungsmöglichkeiten, die notwendige Rahmenbedingungen für die Entstehung klimaschonender Bebauung schaffen können (z.B. Nutzungsmischung; flächensparende, kompakte und energiesparende Bauweise; verkehrsvermeidende Erschließung). Planungsrechtliche Festsetzungen mit Relevanz für den Klimaschutz und vor allem für die Energieeinsparung können sein:

Planungsrechtliche Festsetzung	Ziel
Art und Maß der baulichen Nutzung (§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB)	größtmögliche Nutzungsvielfalt und Dichte der Baukörper
Bauweise (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB, § 22 BauNVO)	kompakte Bebauung
Baufelder bzw. überbaubare Grundstücksfläche (Baugrenzen, Baulinien; § 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB)	ausgewogenes Verhältnis von Bebauung zu Freiflächen
Stellung der baulichen Anlagen (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB)	optimale Orientierung, geringe gegenseitige Verschattung (passive Solarenergienutzung)
Versorgungsflächen und sonstigen Flächen und Leitungen (§ 9 Abs. 1 Nr. 12 BauGB)	Sicherung von Flächen für Versorgungsanlagen
Führung von Versorgungsleitungen (§ 9 Abs. 1 Nr. 13 BauGB)	Sicherung von Leitungen zu den Abnehmern; bei Leitungen auf privaten Grundstücken: Geh-/ Fahr- und Leitungsrechte
Geh-/ Fahr- und Leitungsrechte zu Gunsten Dritter (§ 9 Abs. 1 Nr. 21 BauGB)	Sicherung der Zugänglichkeit auf Privatgrundstücken
nachrichtliche Übernahme von Anschluss- und Benutzungszwang in Bebauungsplan (§ 9 Abs. 6 BauGB)	Hinweis auf Regelungen außerhalb des Bebauungsplans, die zu beachten sind

Weitere Ausführungen zu den Festsetzungsmöglichkeiten finden sich in der Handlungsoption H2.7. (Kap. 6, S. 152)

**§ 9 Abs. 1 Nr. 23 a BauGB**

*„Im Bebauungsplan können aus städtebaulichen Gründen festgesetzt werden:*

*Nr. 23 Gebiete, in denen*

*a) zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bestimmte Luft verunreinigende Stoffe nicht oder nur beschränkt verwendet werden dürfen“*

§ 9 Abs. 1 Nr. 23 a BauGB bietet die Möglichkeit, aus städtebaulichen Gründen Gebiete in Bebauungsplänen festzusetzen, in denen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen i.S.d. Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) bestimmte luftverunreinigende Stoffe nicht oder nur beschränkt verwendet werden dürfen. Diese Festsetzungen dienen zur Verbesserung der örtlichen Luftqualität und sind in der Regel als Verbrennungsverbote ausgestaltet, bei denen insbesondere die Verwendung von Kohle oder Heizöl als Brennstoff für die Heizung untersagt wird. An diese Festsetzung sind bestimmte Kriterien geknüpft. Ein indirekter Anschluss- und Benutzungszwang für bestimmte Heizungsarten können damit nicht verfolgt werden. Die Vorschrift ermöglicht nur stoffliche, nicht aber anlagenbezogene Festsetzungen. Statt Verboten kann im Bebauungsplan auch eine positive und abschließende Regelung zulässiger Heizstoffe erfolgen. Voraussetzung für eine Regelung gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 23 a BauGB ist, dass eine anderweitige Versorgung (z.B. Fernwärme) zu Bedingungen und Kosten sichergestellt ist, die dem Bürger zumutbar sind (vgl. Bothe 2018: 173 f.). Da wie bereits erwähnt der allgemeine Klimaschutz zu einem das gesamte Städtebaurecht prägenden Ziel der Bauleitplanung aufgewertet wurde, können Festsetzungen gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 23 a BauGB auch aus Gründen des allgemeinen Klimaschutzes getroffen werden. Nach dem Gleichheitsgrundsatz müssen Gemeinden aber für alle vergleichbaren Baugebiete entsprechende Festsetzungen nach § 9 Abs. 1 Nr. 23 a BauGB treffen (vgl. Schrödter 2015: 612).

**§ 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB**

§ 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB ist eine weitere, im Hinblick auf den Klimaschutz wichtige Festsetzungsmöglichkeit, die im Zuge der BauGB-Änderung im Jahr 2004 eingeführt und im Zuge der Klimaschutznovelle 2011 neu gefasst wurde:

*„Im Bebauungsplan können aus städtebaulichen Gründen festgesetzt werden:*

*23. Gebiete, in denen*

*b) bei der Errichtung von Gebäuden oder bestimmten sonstigen baulichen Anlagen bestimmte bauliche und sonstige technische Maßnahmen für die Erzeugung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung getroffen werden müssen“*

Mit § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB sind Festsetzungen möglich, die Bauherren sowohl zu baulichen als auch zu technischen Maßnahmen verpflichten, die dem Einsatz erneuerbarer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) dienen. Die Gebiete, für die diese Regelungen gelten, müssen in den Bebauungsplänen genau abgegrenzt werden. Die Festsetzung bezieht sich sowohl auf Gebäude als auch auf sonstige bauliche Anlagen, kann aber nicht für bestehende Gebäude oder für Nutzungsänderungen angewendet werden. Die Festsetzung umfasst alle für den Einsatz von erneuerbaren Energien gebotenen Maßnahmen, die bereits zum Zeitpunkt der Errichtung getroffen werden müssen. Dabei kann es sich z.B. um den Einbau bestimmter Anlagen oder die Vorhaltung von ausreichend dimensionierten Leitungsschächten handeln. Bei baulichen Anlagen lassen sich auf der Grundlage von § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB auch Festsetzungen wie die Dachform oder die Gebäudestellung (z.B. solaroptimierte Ausrichtung der Fassaden bzw. Dächer) treffen. Im Gegensatz zur bis 2011 gültigen Fassung (Wortlaut: „bestimmte bauliche Maßnahmen für den Einsatz erneuerbarer Energien“) stellt die aktuelle Formulierung klar, dass nicht nur bauliche, sondern auch technische Maßnahmen für die Erzeugung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien oder KWK angeordnet werden können. Die Maßnahmen müssen im Bebauungsplan hinreichend bestimmt definiert werden und einen Bezug zu den Gebäuden oder sonstigen baulichen Anlagen herstellen, für die sie vorgeschrieben werden. Die Festsetzung verpflichtet den Bauherrn zur Errichtung, nicht aber zum Betrieb und zur Nutzung der vorgenommenen Maßnahmen. (vgl. Söfker 2016a: 197b; Bothe 2018: 174 f.; Schrödter 2015: 617) Söfker (2016a: 197c) geht in seiner Gesetzeskommentierung davon aus, dass Festsetzungen gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB allein dadurch den Aufgaben und Grundsätzen der Bauleitplanung (gemäß §§ 1 Abs. 5, Abs. 6 Nr. 6, 1a Abs. 5 BauGB) entsprechen und somit städtebaulich begründet sind, da sie auf den Einsatz erneuerbarer Energien und KWK ausgerichtet sind und somit zum Klimaschutz beitragen. Eine ähnliche Auffassung vertritt Spannowsky (2018: 97.3): „Die Festsetzung nach Nr. 23 lit. B setzt wie alle Festsetzungsmöglichkeiten des Festsetzungskatalogs das Vorliegen städtebaulicher Gründe voraus, jedoch kann die Verfolgung energiepolitischer Zielsetzungen bei der städtebaulichen Entwicklung ein städtebaulicher Grund für eine solche Gebietsfestsetzung sein, zumal der Klimaschutz als ein in die Abwägung einzustellender Belang Berücksichtigung finden muss.“ Wegen des Eingriffs in das Eigentum und der bereits weitreichenden Anforderungen der EnEV und des EE-WärmeG sind allerdings die Erforderlichkeit der Festsetzung und das Abwägungsgebot in besonderer Weise zu berücksichtigen. Festsetzungen sollten daher unter folgenden Aspekten geprüft werden (vgl. Söfker 2016a: Rn. 197d):

- **Erforderlichkeit:** v.a. im Verhältnis zu den ohnehin bestehenden Verpflichtungen in anderen Energiefachgesetzen
- **Durchführbarkeit:** Festsetzungen dürfen nicht getroffen werden, wenn aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen auf Dauer ihre Verwirklichung nicht zu erwarten ist.
- **Geeignetheit:** Die Festsetzungen müssen tatsächlich geeignet sein, den beabsichtigten Zweck hinsichtlich der Nutzung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz zu erreichen.
- **Verhältnismäßigkeit:** Die Festsetzungen dürfen v.a. in wirtschaftlicher Hinsicht nicht unverhältnismäßig zum angestrebten Zweck sein.

In Kommentaren zum Baugesetzbuch (z.B. Söfker 2016: Rn. 150) gibt es zudem auch Bedenken, ob es zielführend und angesichts der zahlreichen Vorgaben in Fachgesetzen auch geboten ist, Verpflichtungen zum Einsatz erneuerbarer Energien oder bestimmter technischer Maßnahmen in Bebauungsplänen zu treffen. Eine Festsetzung nach § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB kann rechtssystematisch problematisch sein, wenn die Festsetzung nur aus Gründen erfolgt, die bei Neubauten beispielsweise schon auf Grundlage des EEWärmeG (Anteil an regenerativen Energien oder Ersatzmaßnahmen) zum Tragen kommen (Stichwort: Mangel an Erforderlichkeit). Es ist darauf zu achten, dass die im Bebauungsplan getroffenen Festsetzungen es ermöglichen, die in anderen Energiefachgesetzen geforderten Standards zu erfüllen. Angesichts des stetigen technologischen Fortschritts sollte zudem kritisch hinterfragt werden, wie konkret bestimmte Techniken durch Festsetzungen in Bebauungsplänen vorgegeben werden, damit im Falle von Veränderungen Bebauungspläne nicht obsolet werden oder aufwändig geändert werden müssen. Als unproblematisch werden hingegen Festsetzungen eingestuft, für die es im Energiefachrecht keine Vorgaben gibt. (vgl. Söfker 2016a: 197a-g; Spannowsky 2018: Rn. 96-97.3)

In der Fachliteratur wird es für möglich gehalten, auf Grundlage von § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB beispielsweise die Verpflichtung zur Errichtung von PV-Anlagen, Wärmepumpen oder technischer Einrichtungen für die Anbindung an eine Fernwärmeversorgung durch Bebauungsplan festzusetzen – als städtebaulicher Grund kann der globale Klimaschutz herangezogen werden. Allerdings sind im Rahmen der Begründung und der Abwägung die lokalen Verhältnisse (v.a. soziale Aspekte, Belange der Bauherren) zu berücksichtigen. Wenn bestimmte Versorgungskonzepte auf Grundlage von § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB festgesetzt werden, ist insbesondere die Verhältnismäßigkeit der Festsetzungen im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit ist zu beachten. Es gibt Rechtsprechung, nach der dem Eigentümer keine wesentlichen finanziellen Lasten auferlegt werden dürfen. Wenn andere regenerative Energieformen existieren, deren Einsatz wirtschaftlicher wäre, könnte die gebotene Verhältnis-

mäßigkeit nicht mehr gegeben sein. Dies kann in der gerichtlichen Normenkontrolle zur Unwirksamkeit der Festsetzung führen. Wegen der damit verbundenen Kosten wird beispielsweise die Verpflichtung zur Errichtung von Solaranlagen kritisch gesehen. Wenn Festsetzungen auf Grundlage von § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB getroffen werden, sollten Gemeinden in einer betriebswirtschaftlichen Berechnung nachweisen, dass der Einbau und die Nutzung der vorgeschriebenen Maßnahmen keine wesentlich höheren bzw. unverhältnismäßigen Kosten verursachen. Um sachgerechte und geeignete Festsetzungen zu treffen, kann es somit hilfreich sein, vorab ein informelles Energiekonzept als Grundlage zu erstellen. Angesichts der hohen Anforderungen an die Abwägung kann es sinnvoller sein, für Regelungen der energietechnischen Ausstattung von Gebäuden auf städtebauliche Verträge zurückzugreifen, da die Verpflichtungen darin konkreter und weitergehender festgelegt werden können als nach § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB. (vgl. Bringewat/ Valentin 2018; Schrödter 2015: 616-619)

Aus § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB lässt sich kein Anschluss- und Benutzungszwang für eine bestimmte Art der Energieversorgung ableiten. Es besteht aber auf der Grundlage des § 16 EEWärmeG und in landesrechtlichen Ermächtigungen die Möglichkeit, entsprechende Vorgaben zu erlassen. Gemäß § 9 Abs. 6 BauGB sollten solche Vorschriften nachrichtlich in den Bebauungsplan aufgenommen werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es vielfältige Möglichkeiten im Bauplanungsrecht gibt, energetische Ziele bei der Entwicklung neuer Baugebiete zwingend vorzugeben oder geeignete Rahmenbedingungen für eine freiwillige Umsetzung zu schaffen. Im energetischen Bereich sind die Regelungsoptionen allerdings stark eingeschränkt. Das heißt, der Bebauungsplan als wichtigstes Instrument der Stadtplanung ist nur bedingt für die Umsetzung von Klimaschutzziele geeignet. Oft kann es sinnvoller sein, auf andere Instrumente zurückzugreifen (v.a. städtebaulichen Vertrag), die den Bebauungsplan flankieren und ergänzen.

## Weitere Regelungs- und Steuerungsmöglichkeiten im Bauordnungsrecht

Neben dem Bauplanungsrecht besteht die Möglichkeit, in örtlichen Bauvorschriften, die auf Landesrecht beruhen, weitere Regelungen (beispielsweise zur Dachgestaltung, Dachbegrünung oder zur Gestaltung von Fassaden) zu treffen, um die Entstehung einer klimaschonenden Bebauung zu begünstigen. Welche Regelungen im Detail zulässig sind, hängt davon ab, welche Satzungsermächtigungen in den jeweiligen Landesbauordnungen den



Gemeinden gegeben werden. Im Rahmen der „Ökologisierung des Bauordnungsrechts“ (Schrödter 2015: 614) haben viele Bundesländer vielfältige Regelungen zum Klimaschutz und zur Energieeinsparung in ihre Bauordnungen aufgenommen. Beispielsweise ermöglicht es die Bremische Landesbauordnung (vom 07.09.2018) in § 85 Abs. 2 BremBO, örtliche Bauvorschriften zu erlassen, die im Gemeindegebiet oder in Teilen davon die Verwendung bestimmter Brennstoffe untersagen oder den Anschluss an Einrichtungen zur Versorgung mit Nah- und Fernwärme und deren Benutzung vorschreiben. Voraussetzung ist, dass dies nach den örtlichen Verhältnissen zur Vermeidung von Gefahren, Umweltbelastungen oder unzumutbaren Belästigungen oder aus Gründen der Schonung der natürlichen Lebensgrundlagen, insbesondere zur rationellen Verwendung von Energie, zur Nutzung erneuerbarer Energien oder zur Nutzung von Biomasse, gerechtfertigt ist. Die Landesbauordnung Baden-Württemberg und auch viele andere Bauordnungen enthalten hingegen keine speziellen Ermächtigungen für Gemeinden, in örtlichen Bauvorschriften Maßnahmen für die Energieversorgung vorzuschreiben.

## Städtebauliche Verträge

### § 11 Abs. 1 BauGB

*„Die Gemeinde kann städtebauliche Verträge schließen. Gegenstände eines städtebaulichen Vertrags können insbesondere sein:*

- 4. entsprechend den mit den städtebaulichen Planungen und Maßnahmen verfolgten Zielen und Zwecken 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 Kraft-Wärme-Kopplung;*
- 5. entsprechend den mit den städtebaulichen Planungen und Maßnahmen verfolgten Zielen und Zwecken die Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden.“*

Städtebauliche Verträge nach § 11 BauGB stellen für Vereinbarungen zwischen Gemeinde und Vorhabenträger eine Sonderform der öffentlich-rechtlichen Verträge dar. Voraussetzung für städtebauliche Verträge ist, dass sie einen städtebaulichen Bezug aufweisen – das heißt, die Vereinbarungen müssen den Zielen und Zwecken beispielsweise einer Baugebietsausweisung entsprechen. Zudem müssen sich Stadt und Grundstückseigentümer bzw. Planungsbegünstigter über die Regelungen und Maßnahmen einig werden (konsensuales Verfahren). Im Gegensatz zu hoheitlichen Bebauungsplänen sind städtebauliche Verträge ein kooperatives Instrument der Bauleitplanung.

§ 11 BauGB bietet Städten große Gestaltungsspielräume für den Abschluss solcher Verträge, die oft in Ergänzung

zu einem Bebauungsplan entstehen. In § 11 BauGB nennt der Gesetzgeber einen beispielhaften, nicht abschließenden Katalog an möglichen Regelungstatbeständen in städtebaulichen Verträgen. Die Regelungsmöglichkeiten wurden vom Gesetzgeber sehr weit gefasst und können auch Festlegungen im Bereich Energie und Klimaschutz umfassen. Beispielsweise können Energiekonzepte, energetische Optimierungen, der Einbau von Solaranlagen oder Vorgaben zur Gebäudeenergieeffizienz gefordert werden. Wesentliche Vorteile von städtebaulichen Verträgen liegen darin, dass sie die Regelungsdichte in Bebauungsplänen absenken können und über den Festsetzungskatalog von § 9 Abs. 1 BauGB hinaus komplexe Sachverhalte konkret vorgeben können (vgl. Hoffmann 2018: Rn. 1; Rixner 2018).

§ 11 Abs. 1 Nr. 4 BauGB, der zuletzt im Zuge der Klimaschutznovelle 2011 angepasst wurde, nennt als möglichen Gegenstand von städtebaulichen Verträgen insbesondere „entsprechend den mit den städtebaulichen Planungen und Maßnahmen verfolgten Zielen und Zwecken 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 Kraft-Wärme-Kopplung“. Als weitere Regelungsmöglichkeit werden Anforderungen an die energetische Qualität der Gebäude genannt. Die Anforderungen an Gebäude können auch über das Energiefachrecht hinausgehen (§ 11 Abs. 1 Nr. 5 BauGB) (vgl. Krautzberger 2016a: Rn. 165).

Um Maßnahmen für den Klimaschutz zur Umsetzung zu bringen, greifen Städte bei der Entwicklung von neuen Baugebieten in der Praxis häufig auf das Instrument des städtebaulichen Vertrags zurück. Geregelt werden können in städtebaulichen Verträgen allerdings nur Sachverhalte, die einen konkreten städtebaulichen Bezug aufweisen. Allgemeine klimapolitische Erwägungen können deshalb nicht Gegenstand eines städtebaulichen Vertrags werden. Grundsätzlich gilt auch bei städtebaulichen Verträgen, dass die vereinbarten Leistungen den Umständen nach angemessen und die Aufwendungen zumutbar sein müssen. Unter Umständen kann dies die Prüfung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen erforderlich machen. Wenn sich die Grundstücke im Eigentum der Stadt befinden, lassen sich über städtebauliche Verträge hinaus im Kaufvertrag weitere Vereinbarungen treffen, die bei der Entwicklung neuer Baugebiete einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Der städtebauliche Vertrag ist zu einem der wichtigsten Planungsinstrumente der Kommunen geworden. Zur konkreten Ausgestaltung städtebaulicher Verträge gibt es umfangreiche Literatur (z.B. Burmeister 2019; Bunzel et al. 2013).

## Zwischenfazit

In der Vergangenheit wurde das Baugesetzbuch mehrfach angepasst, um auch im Rahmen der Bauleitplanung verstärkt Maßnahmen für den Schutz des Klimas und die Anpassung an den Klimawandel umzusetzen. Der Gesetzgeber war hinsichtlich weiterer Anpassungen des Baugesetzbuchs in den letzten Jahren allerdings eher zurückhaltend. Technische Vorgaben sollten vielmehr in Fachgesetzen erfolgen. Bei der Bauleitplanung geht es vorrangig um Rechts- und Investitionssicherheit, die gewährleistet werden muss. Deshalb sollten Festsetzungen sich eher auf nicht veränderliche Belange beziehen, was bei technischen Vorgaben nicht der Fall ist.

In der Praxis stellt es eine große Herausforderung dar, Festsetzungen in Bebauungsplänen rechtssicher zu formulieren und bei der Abwägung der vielen Belange das rechte Maß zu finden. Da es sich bei Bebauungsplänen um Plandokumente mit langer Bestandsdauer und hoher rechtlicher Verbindlichkeit handelt, sollte angesichts der laufenden Veränderungen im Energiebereich genau bedacht werden, welche Maßnahmen für den Klimaschutz durch Bebauungsplan geregelt werden, da Änderungen nur mit aufwändigen Verfahren möglich sind. Abseits der Bauleitplanung haben Städte verschiedene Steuerungs- und Regelungsinstrumente, mit denen sich die Ziele konkreter und auf lange Sicht flexibler umsetzen lassen. Insbesondere städtebauliche Verträge oder Grundstückskaufverträge bieten weitreichende Möglichkeiten, um Klimaschutzmaßnahmen in neuen Baugebieten voranzutreiben. Diese sind unter den Vertragspartnern auch viel leichter an geänderte Rahmenbedingungen anpassbar.

### 2.2.2 Energiefachrecht

Das Energiefachrecht dient zur Regelung der zahlreichen Anforderungen zum Einsatz erneuerbarer Energien und zur Steigerung der Energieeffizienz bei Gebäuden. Künftig werden die wesentlichen Gesetze EEG, EnEV und EEWärmeG in einem Gesetz, dem Gebäudeenergiegesetz (GEG), zusammengefasst. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung der vorliegenden Publikation lag ein Entwurf für das Gebäudeenergiegesetz vor, der am 23.10.2019 vom Bundeskabinett beschlossen wurde. Mit einem Inkrafttreten wird Mitte 2020 gerechnet (vgl. Website BMWI\_b; Website EnEV\_online\_GEG). Im Folgenden werden die aktuell noch geltenden Gesetze sowie der aktuelle Entwurf für das GEG kurz dargestellt.

## Energieeinsparungsgesetz (EnEG) mit Energieeinsparverordnung (EnEV)

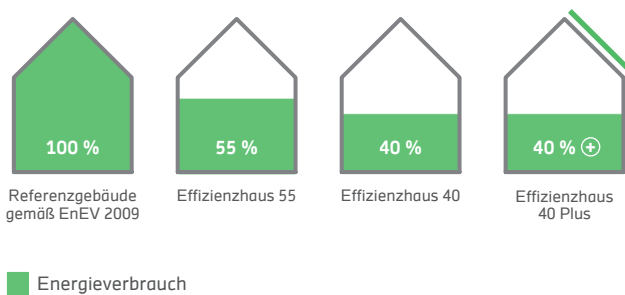
Das Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) und die darauf aufbauende Energieeinsparverordnung (EnEV) setzen am großen Energieeinsparpotenzial im Gebäudebereich an. Das EnEG setzt die Europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EU-Richtlinie 2010) um, indem es die Bundesregierung ermächtigt, entsprechende Rechtsverordnungen (z.B. EnEV) zu erlassen. Die EnEV stellt eines der wichtigsten Instrumente der deutschen Energie- und Klimaschutzpolitik dar. Sie bildet seit 2002 die Grundlage für den gesetzlichen Mindeststandard bei der Errichtung und wesentlichen Änderung von Gebäuden. Gemäß § 1 Abs. 1 Satz 1 EnEV ist es Zweck der Verordnung, Energie in Gebäuden einzusparen. Weiter heißt es in dem Paragrafen, dass die Verordnung unter Beachtung des gesetzlichen Grundsatzes der wirtschaftlichen Vertretbarkeit dazu beitragen soll, die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung (v.a. nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bis zum Jahr 2050) zu erreichen. Derzeit gilt die EnEV 2014, die seit 2016 für Neubauten einen erhöhten Standard fordert. Die EnEV 2016 verminderte den Jahres-Primärenergiebedarf um 25 % des Referenzgebäudes. Ebenfalls schreibt die EnEV ab 2016 vor, dass der Wärmeschutz der Gebäudehülle um ca. 20 % verbessert werden muss. Die EnEV unterscheidet zwischen Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden und berücksichtigt sowohl den baulichen Wärmeschutz als auch die Effizienz der Energieversorgung. Gemäß § 1 Abs. 1 EnEV müssen neue Wohngebäude so errichtet werden, dass der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung sowie der spezifische Transmissionswärmeverlust bestimmte Vorgaben nicht überschreiten. Zusätzlich muss der Nachweis zum sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 erbracht werden. Selbsterzeugter und -genutzter Strom beispielsweise von PV-Anlagen fließt positiv in die Bilanz ein. Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Bei der Berechnung des Kennwerts wird neben der energetischen Qualität der Gebäudehülle auch die Energiemenge berücksichtigt, die für die Gewinnung des Energieträgers sowie für die Verteilung und Umwandlung der Energie benötigt wird. Für die Berechnung des Primärenergiebedarfs wird die tatsächlich dem Gebäude zugeführte Energie (Endenergie) mit einem Primärenergiefaktor multipliziert (weitere Erläuterungen zur Berechnung und zum Primärenergiefaktor siehe Kap. 3.6.4). Der Transmissionswärmeverlust beschreibt die durchschnittliche energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen eines Gebäudes. Der spezifische Transmissionswärmeverlust berechnet sich aus der Summe der U-Werte aller Bauteile mit einem Zuschlag für die Wärmebrücken. Der Mindeststandard wird durch das in der EnEV definierte

Referenzgebäudeverfahren festgelegt. Dazu werden der Primärenergiebedarf und der Transmissionswärmeverlust für ein Referenzgebäude berechnet, das über die gleiche Größe, Form, Ausrichtung und Nutzung wie das geplante Gebäude verfügt. Allerdings werden alle Bauteile und Anlagenkomponenten gemäß EnEV angenommen. Die auf diese Weise für das Referenzgebäude ermittelten Energiekennwerte stellen die Höchstwerte für den Primärenergiebedarf bzw. Transmissionswärmeverlust des geplanten Gebäudes dar. Der Weg zur Einhaltung der Grenzwerte ist frei und kann durch einen hohen Dämmstandard, durch effiziente Technik oder auch durch den Einsatz von erneuerbaren Energien erreicht werden. Im Bereich der Wärmeerzeugung wird die EnEV durch das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) ergänzt.

**Exkurs: Gebäudeenergiestandards der KfW-Bank**

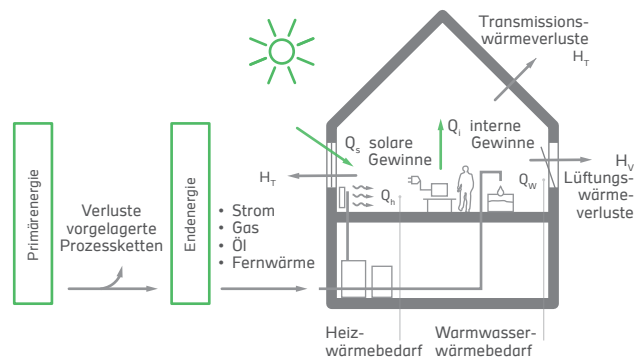
Auf nationaler Ebene geben vor allem die Gebäudestandards der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) den fördertechischen Rahmen für den Gebäudeenergiestandard vor. Beim Neubau fördert die KfW-Bank derzeit die Standards KfW-Effizienzhaus 40 Plus, 40 und 55. Je kleiner die Kennzahl, desto geringer der Energiebedarf und desto höher die Förderung. Maßgebend für die energetische Qualität des Gebäudes sind entsprechend der EnEV-Berechnungen der jährliche Primärenergiebedarf und der Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle. Das Programm KfW-Effizienzhaus 40 Plus fördert beispielsweise Gebäude, die mehr Energie produzieren, als sie verbrauchen (Plus-Energiehäuser).

Abb. 6: Effizienzhausstandards nach EnEV



Quelle: eigene Darstellung

Abb. 7: Berechnungsmethodik für den Wärmebedarf nach EnEV



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Bayerische Architektenkammer 2018: 77

**Gesetz zur Förderung der Erneuerbaren Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, EEWärmeG)**

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz dient dazu, den Anteil an erneuerbaren Energien im Wärmebereich zu erhöhen. Das Gesetz wurde 2009 als Ergänzung zum Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das sich auf die Stromerzeugung fokussiert, auf Bundesebene eingeführt und zwischenzeitlich mehrmals angepasst. Gemäß § 1 Abs. 1 EEWärmeG zielt das Gesetz darauf ab, insbesondere im Interesse des Klimaschutzes, der Schonung fossiler Ressourcen und der Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen. Die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien soll unter Wahrung der wirtschaftlichen Vertretbarkeit gefördert werden. Eine Besonderheit besteht darin, dass das Gesetz technikoffen gestaltet ist. Es soll dazu beitragen, den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte bis zum Jahr 2020 auf 14 % zu erhöhen (§ 1 Abs. 2 EEWärmeG). Wichtigste Anforderung des Gesetzes ist die Verpflichtung des Gebäudeeigentümers, bei der Errichtung von neuen Gebäuden (ab 50 m<sup>2</sup> Fläche) einen bestimmten Anteil des Wärmebedarfs (Heizung, Warmwasser), der sich nach der Art der Energiequelle bemisst (15-50 %), durch erneuerbare Energien zu decken (§ 1 Abs. 2, § 5 EEWärmeG) oder ähnlich klimafreundliche Ersatzmaßnahmen zu ergreifen (§ 7 EEWärmeG). Diesbezüglich enthält das Gesetz zahlreiche Ausnahmen. Erfüllt werden kann die gesetzliche Vorgabe durch die alternative oder kombinierte Nutzung von Solarenergie, Biomasse oder Geothermie bzw. Umweltwärme. Als Ersatzmaßnahme können die Anforderungen auch durch eine verbesserte Energieeffizienz des Gebäudes oder durch den Anschluss an ein Wärmenetz erfüllt werden, wenn dieses mindestens zu 50 % auf hocheffizienter KWK oder

Abwärme basiert. Eine KWK-Anlage gilt bereits dann als hocheffizient, wenn gegenüber einer getrennten Erzeugung von Strom und Wärme eine Primärenergieeinsparung von 10 % erzielt wird. Bei der KWK wird kein bestimmter Anteil erneuerbaren Energien gefordert. § 16 EEWärmeG sieht zudem für Gemeinden eine erleichterte Möglichkeit vor, zum Zweck des Klima- und Ressourcenschutzes einen Anschluss- und Benutzungszwang an eine Fernwärmeversorgung einzurichten. § 6 EEWärmeG enthält Regelungen, die die Umsetzung flexibler quartiersbezogener Lösungen unterstützen (z.B. gemeinschaftliche Erfüllung der Anforderungen, Gestattung der Leitungsführung und des Betretens von Grundstücken von Nachbarn).

Das EEWärmeG sollte bei der Planung neuer Baugebiete frühzeitig berücksichtigt werden. In Bebauungsplänen sollten keine Festsetzungen getroffen werden, die die Erfüllung des EEWärmeG verhindern oder erschweren. Söfker (2016: Rn. 150) weist in seiner BauGB-Kommentierung in diesem Zusammenhang darauf hin, dass es sich in „der Praxis [...] als schwierig erweisen [kann], in jedem Bebauungsplan sämtliche der nach dem EEWärmeG wahlweise zulässigen erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen so zu berücksichtigen, dass sie bauplanungsrechtlich uneingeschränkt zur Anwendung kommen können. Städtebauliche Gründe können dazu führen, dass auf Grund der Festsetzungen des Bebauungsplans nicht sämtliche nach dem EEWärmeG wahlweise zulässige erneuerbare Energien bauplanungsrechtlich zulässig sind oder ungehindert zum Einsatz kommen können.“ Bei Einschränkungen bestimmter erneuerbarer Energien wird daher empfohlen, in der Begründung des Bebauungsplans zu erläutern, aus welchen Gründen dies erfolgte.

## **Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (EEG)**

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) trat erstmals im Jahr 2000 in Kraft und wurde seither stetig weiterentwickelt. Im Jahr 2017 wurde beispielsweise im EEG das Mieterstromgesetz verankert (weitere Ausführungen siehe Kap. 3.5.6). Ziel des EEG ist es, den Ausbau der erneuerbaren Energien bei der Stromversorgung zu fördern. Gemäß § 1 Abs. 1 EEG soll im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung ermöglicht sowie die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung verringert werden. Seit der Novelle 2017 ist folgender Ausbaupfad für die Nutzung erneuerbarer Energien im Strombereich festgelegt (§ 1 Abs. 2 EEG): Steigerung des Anteils des erneuerbar erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch auf 40-45 % bis zum Jahr 2025, 55-60 % bis zum Jahr 2035 und min-

destens 80 % bis zum Jahr 2050. Das EEG verpflichtet die Netzbetreiber, Anlagen mit erneuerbaren Energien mit Vorrang an ihr Netz anzuschließen sowie regenerativ erzeugten Strom vorrangig abzunehmen und weiterzuleiten. Das Gesetz regelt die Vergütungssätze für die Einspeisung von Strom sowie das Verfahren zur Umlegung der dadurch entstehenden Mehrkosten auf alle Stromabnehmer. Anlagenbetreiber erhalten in der Regel über 20 Jahre eine garantierte Vergütung für ihren Strom, die von der Art der Anlage, der Anlagengröße und dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme abhängig ist. Durch die garantierte Abnahme und Einspeisevergütung gewährt das EEG Anlagenbetreibern eine hohe Investitionssicherheit: Jede Kilowattstunde aus erneuerbare-Energien-Anlagen muss von den Netzbetreibern abgenommen, vergütet und weiterverteilt werden. Insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen wurde so in der Vergangenheit ein Zugang zum Strommarkt eröffnet. Die vorgegebene Höhe der Einspeisevergütung ist vom bundesweiten Zubau an PV-Anlagen abhängig. Die Vergütungssätze werden politisch gesteuert und daher regelmäßig (Degression) gesenkt, um den Zubau zu verlangsamen (sog. atmender Deckel). Zum 01.01.2020 lag z.B. die Einspeisevergütung für PV-Anlagen bis 40 kWp bei 9,87 ct/ kWh. Seit 2014 gab es einige weitreichende Veränderungen im EEG. Die Einspeisevergütung wird nur noch für Neuanlagen bis maximal 100 kWp Nennleistung gewährt. Anlagen über 100 kWp Nennleistung erhalten als Förderung eine sog. „Marktprämie“ (Zuschlagszahlung) und sind dazu verpflichtet, einen Direktvermarkter mit der Vermarktung des regenerativ erzeugten Stroms zu beauftragen. Die Gesamtvergütung für Anlagenbetreiber ergibt sich somit aus dem durch die Direktvermarktung erzielten Strompreis zuzüglich der Marktprämie (siehe dazu auch S. 41 f.).

Die Finanzierung der im EEG verankerten Förderung der erneuerbaren Energien erfolgt über die jährlich berechnete EEG-Umlage, die auf alle Stromkunden entsprechend ihres Stromverbrauchs umgelegt wird. Im Jahr 2019 lag die EEG-Umlage bei 6,41 ct/ kWh (2018: 6,79 ct/ kWh). 2020 soll die EEG-Umlage auf 6,76 ct/ kWh steigen. Die Höhe der EEG-Umlage wird jedoch nur zum Teil durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien beeinflusst. Von Bedeutung sind auch andere Faktoren, wie etwa geringe Börsenstrom- bzw. CO<sub>2</sub>-Preise sowie die umfangreichen Ausnahmeregelungen für energieintensive Industrien (vgl. Website Agentur für Erneuerbare Energien\_a). Zu berücksichtigen ist zudem, dass mit wenigen Ausnahmen auch auf jede selbst verbrauchte Kilowattstunde Strom aus einer PV-Anlage für den Eigenbedarf eine Abgabe gezahlt werden muss. 2019 betrug diese Abgabe 2,56 ct/ kWh (40 % der EEG-Umlage).

## Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)

Das „Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung“ regelt die Förderung für die gemeinsame und besonders effiziente Erzeugung von Strom und Wärme in CO<sub>2</sub>-armen KWK-Anlagen. Durch die gleichzeitige Strom- und Wärmeproduktion gilt die Kraft-Wärme-Kopplung als besonders effiziente Art der Energiegewinnung. Das Gesetz zielt im Interesse der Energieeinsparung sowie des Umwelt- und Klimaschutzes darauf ab, die Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zu erhöhen (§ 1 Abs. 1 KWKG). Wie auch das EEG beruht das KWKG auf einem Förder- bzw. Vergütungssystem. Das KWKG regelt seit 2002 (zwischenzeitlich mehrfach novelliert) die Einspeisung und die Vergütung des Stroms aus KWK-Anlagen. Die Betreiber von KWK-Anlagen erhalten zeitlich befristete Zuschlagszahlungen. Die Förderung wird über die KWKG-Umlage finanziert, die wie die EEG-Umlage Teil des Strompreises ist und auf die Netzentgelte aufgeschlagen wird.

## Gebäudeenergiegesetz (GEG, in Aufstellung)

Auf europäischer Ebene fordert die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, dass in den Mitgliedstaaten ab 2021 für alle neuen Gebäude der Niedrigstenergiestandard gilt – für öffentliche Gebäude gilt dies bereits seit 2019. Als „Niedrigstenergiegebäude“ definiert die EU-Richtlinie in Artikel 2 Absatz 2 ein Gebäude, das eine sehr hohe, nach vorgegebenen Regeln bestimmte Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der sehr geringe verbleibende Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen – vorzugsweise am Standort oder in der Nähe erzeugt – gedeckt werden (vgl. Europäische Union 2010).

Anfang 2020 befand sich auf Bundesebene das „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG)“ im Gesetzgebungsverfahren. Im GEG sollen die verschiedenen Energiegesetze zusammengefasst werden. Ziel des Gebäudeenergiegesetzes ist es, ein neues, einheitliches, aufeinander abgestimmtes Regelwerk für die energetischen Anforderungen an Neubauten, an Bestandsgebäude und an den Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden zu schaffen. Zentrales Anliegen des Gesetzes ist die Entbürokratisierung und Vereinfachung, indem die separaten Regelwerke zur Gebäudeenergieeffizienz und zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien zusammengeführt und vereinheitlicht werden.

Laut Energieeinsparungsgesetz hätte das GEG bis zum 01.01.2019 erlassen werden müssen. Der erste Referen-

tenentwurf wurde darum bereits im Januar 2017 veröffentlicht. Da sich keine Einigung v.a. bei den Anforderungen an den Gebäudeenergiestandard erzielen ließ, gab es zwischenzeitlich mehrere Entwürfe für das Gesetz. Am 23.10.2019 hat das Bundeskabinett einen neuen Gesetzesentwurf für das Gebäudeenergiegesetz beschlossen. Der Bundesrat hat am 20.12.2019 seine Stellungnahme zu diesem Entwurf abgegeben. Im nächsten Schritt stehen die Lesungen im Bundestag an (vgl. Die Bundesregierung 2019b; Website BMWi\_b).

Wie im Koalitionsvertrag 2018 von Union und SPD vereinbart, sind aktuell keine weiteren Verschärfungen des Energiestandards der EnEV enthalten. Begründet wurde dies damit, dass weiter steigende Mieten vermieden werden sollen (vgl. CDU/ CSU/ SPD 2018: 114). Im aktuellen Gesetzesentwurf wird der geltende EnEV-Standard für Neubauten als der von der EU geforderte Niedrigstenergiestandard fortgeführt. Der Gesetzesentwurf sieht bei der Errichtung neuer Gebäude ein einheitliches Anforderungssystem vor, in dem Energieeffizienz und erneuerbare Energien integriert sind. Die Vorgaben verfolgen wie bisher das Ziel, den Primärenergiebedarf von Gebäuden gering zu halten, den Energiebedarf von vornherein durch einen energetisch hochwertigen baulichen Wärmeschutz zu begrenzen und den verbleibenden Energiebedarf zunehmend durch erneuerbare Energien zu decken. Der Endenergiebedarf eines Neubaus nach GEG wird bei 45 bis 60 kWh/ m<sup>2</sup> Nutzfläche liegen (vgl. Die Bundesregierung 2019a: 1 f.; BMWi 2019).

Der Gesetzesentwurf enthält teilweise neue Primärenergiefaktoren sowie Regeln für die Anrechnung von bestimmten erneuerbaren Energien (§ 22 GEG, Entwurf Stand 23.10.2019). Beispielsweise soll – im Gegensatz zu den bisherigen Regelungen – der Strom einer gebäudenahen PV-Anlage auf den Mindestanteil an erneuerbaren Energien sowie bei der Ermittlung des Jahresprimärenergiebedarfs angerechnet werden können (§ 23 GEG, Entwurf Stand 23.10.2019).

Für Fernwärme sind Regelungen zu den Berechnungsverfahren und beispielsweise eine Untergrenze für den Primärenergiefaktor von 0,3 enthalten. Zudem ist vorgesehen, alternative Berechnungsverfahren zur bisherige Stromgutschriftmethode zu prüfen, um den Primärenergiefaktor von Fernwärme sachgerechter als bisher abzubilden (siehe dazu S. 76). Zudem soll ein neues Nachweisverfahren für Wohnungsneubauten Bauherren und Planer entlasten. Mit dem „Modellgebäudeverfahren“ ist ein Nachweis der Anforderungen ohne Berechnungen möglich.

Der vom Bundeskabinett beschlossene Entwurf für das GEG sieht erstmals auch Quartierslösungen für eine effiziente Wärmeversorgung vor. Bauherren oder Eigentümer, deren Gebäude in räumlichem Zusammenhang stehen, können Vereinbarungen über eine gemeinsame Versorgung ihrer Gebäude mit Wärme oder Kälte treffen (§ 107 GEG, Entwurf Stand 23.10.2019). Zudem enthält

das GEG eine zeitlich befristete Innovationsklausel (§ 103 GEG, Entwurf Stand 23.10.2019), die in zweierlei Hinsicht innovative Lösungen erlaubt. Einerseits besteht die Möglichkeit, die gesetzlichen Anforderungen nicht über den Primärenergiebedarf, sondern über die Treibhausgasemissionen zu erbringen. Andererseits wird die im Gesetz neu eingeführte Quartierslösung (§ 107) dadurch erweitert, dass nicht jedes Gebäude die energetischen Anforderungen erfüllen muss, sondern auch eine Gesamtbilanzierung aller von einer Vereinbarung erfassten Gebäude in einem Quartier möglich ist. Damit sind unterschiedliche Energiestandards in einem Quartier möglich, solange sie in der Gesamtheit die Anforderungen erfüllen. (vgl. Die Bundesregierung 2019b: 183-185)

## 2.3 AKTUELLE HERAUSFORDERUNGEN DER STADT- UND QUARTIERS-ENTWICKLUNG

### 2.3.1 Schwierige Rahmenbedingungen für den Wohnungsbau



Aktuell stehen Städte bei der Entwicklung von neuen Baugebieten vor vielfältigen Problemstellungen und Herausforderungen, die teilweise zu schwer lösbaren Zielkonflikten führen.

Zu den wichtigsten Themen zählt neben Klimaschutz und -anpassung in den Wachstumsregionen die Schaffung von bezahlbarem Wohnraum. Bei der Planung neuer Baugebiete können Städte auf vielfältige Weise aktiv werden, um zur Lösung dieser Probleme beizutragen und langfristig funktionierende und nachhaltige Quartiere zu schaffen.

Neben den genannten Themen stellen der Umweltschutz insgesamt, Mobilität, soziale Mischung und Integration sowie Baukultur und Gestaltungsqualität weitere Herausforderungen dar. Ergänzend dazu sind Stadtverwaltungen bei der Entwicklung neuer Baugebiete häufig mit massiven bürgerschaftlichen Protesten und Widerständen konfrontiert, die die zügige Schaffung von dringend benötigtem Wohnraum erschweren. Ebenso sind in den letzten Jahren die Baukosten und auch die Grundstückspreise stark gestiegen, sodass die Herstellung von kostengünstigem Wohnraum immer schwieriger wird (vgl. BMI 2019: 8 f., 31). Bei der Realisierung von Wohnungsbauvorhaben überlagern sich somit viele Probleme und Einflüsse. In einer Untersuchung zu den Trends der Wohnungsbautätigkeit des BBSR (2016: 9) werden diese folgendermaßen zusammengefasst:

- „steigende Anforderungsniveaus an die bautechnische und städtebauliche Qualität der Neubauvorhaben (...)
- entsprechend komplexe Planungs- und Genehmigungsprozesse
- strukturell eingeschränkt handlungsfähige Kommunal- bzw. Planungsverwaltungen
- abnehmende innere Wachstumsreserven
- Instrumentendefizite im planungsrechtlichen Sinne und im Bereich der Förderung
- konservierende städtebauliche Vorstellungen in Bürgerschaft und Politik“

Wenn für die Entwicklung von Flächen Baurecht geschaffen werden muss, ist je nach Komplexität von einem mehrjährigen Aufstellungsverfahren für den Bebauungsplan auszugehen. Insbesondere wenn besondere Umweltbelange vorliegen, können sich das Verfahren und die Umsetzung der im Vorfeld erforderlichen Maßnahmen über längere Zeit hinziehen. Oftmals ist die Bearbeitung der gesetzlichen Anforderungen bei der Aufstellung eines Bebauungsplans schon so aufwändig, dass Städte eher davon Abstand nehmen, sich mit anderen, nicht zwingend erforderlichen Belangen wie z.B. der Energieversorgung vertieft zu beschäftigen. Widerstände aus der Bürgerschaft gegen Neubebauungen können auch dazu führen, dass Städte versuchen, die Komplexität der Projekte nicht zusätzlich zu erhöhen, um so weitere Diskussionen und Angriffspunkte zu vermeiden.

Welche Schwierigkeiten bei Planungs- und Genehmigungsverfahren bestehen, belegte auch die bereits genannte BBSR-Studie zu den aktuellen Trends der Wohnungsbautätigkeit. Auf Grundlage von 25 Experteninterviews wurden die Hemmnisse im Wohnungsneubau aus Investorensicht untersucht. Die Befragten nannten u.a. neben der mangelnden Verfügbarkeit von Grundstücken die langen und komplexen Verfahren als wesentliche Investitionshemmnisse. Auch die massiven Widerstände der Zivilgesellschaft gegen Neubauprojekte würden den Wohnungsbau erheblich behindern (vgl. BBSR 2016a: 86-90).

### 2.3.2 Verkehr und Mobilität

Um neue Quartiere möglichst klimaschonend zu entwickeln, sind nicht nur die Versorgung mit Strom und Wärme (bzw. Kälte), sondern auch andere Belange von großer Bedeutung, in erster Linie der Verkehrssektor. Wie bereits in Kap. 2.1.1 erläutert konnten in diesem Sektor die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Ausgangsjahr 1990 nicht wesentlich reduziert werden. Dabei ist der Verkehr nach der Energiewirtschaft und der Industrie der Sektor, der im Jahr 2018 die meisten Treibhausgasemissionen verursachte (ca. 18,7 % aller Emissionen). Ein Hauptgrund liegt darin, dass Effizienzgewinne bei den

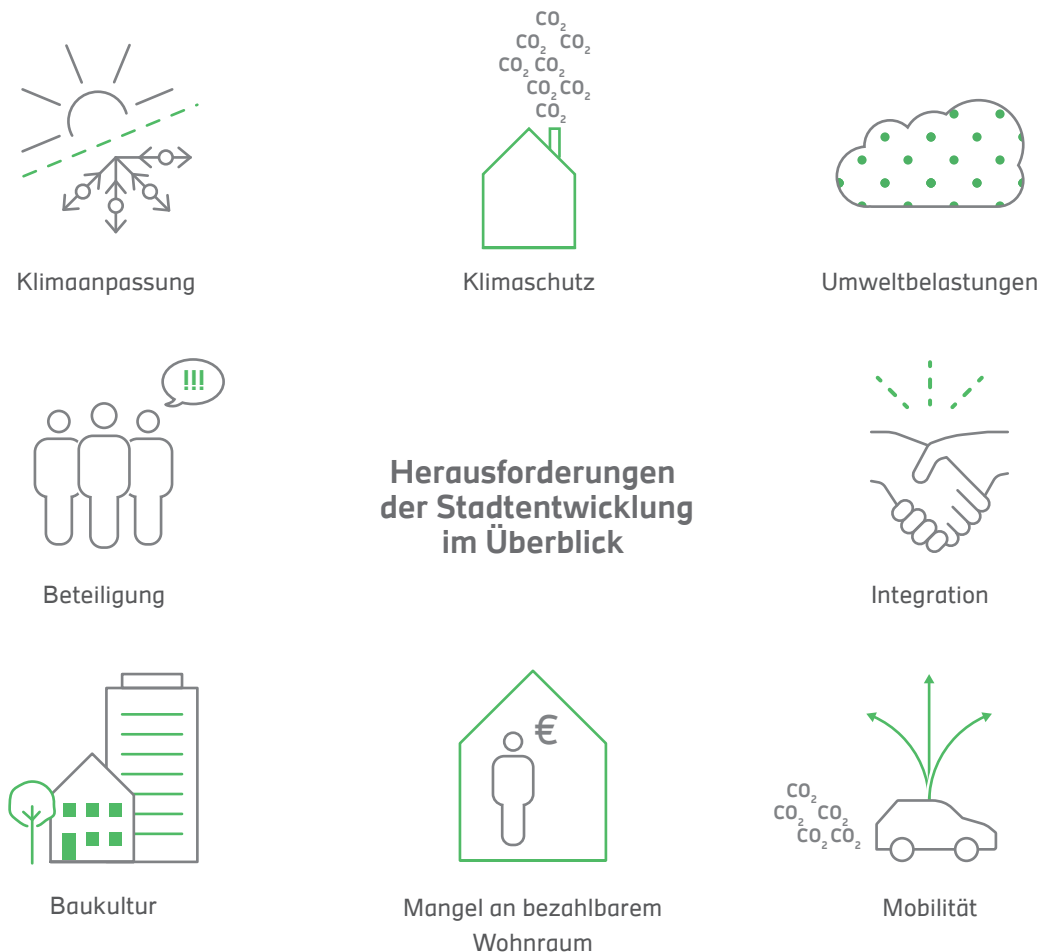
Antrieben durch eine stetig zunehmende Verkehrsleistung und durch größere und schwerere Fahrzeuge (SUV) konterkariert werden. Der Verkehrssektor ist (noch) von fossilen Brennstoffen abhängig und verursacht einen hohen Flächenverbrauch. Das Thema Verkehr/ Mobilität ist für die Entwicklung von klimaschonenden Quartieren zentral. Im Bereich Verkehr gibt es weitreichende Möglichkeiten, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu mindern. Ziel muss es sein, Autofahrten zu vermeiden und auf die Verkehrsmittel des Umweltverbunds zu verlagern sowie fossile Antriebe zu ersetzen (siehe Handlungsfeld 4).

Bauland spiegelt sich in stark ansteigenden Grundstückspreisen. Seit 2010 nahmen die Preise für Bauland bundesweit um 63 % und für neu errichtete Wohnungen um rund 45 % zu. Trotz steigender Neubauzahlen sinkt der Bestand an sozial geförderten Wohnungen seit Jahren kontinuierlich (vgl. BMI 2019: 25-29, 34 f.). Viele normalverdienende Haushalte können sich die Kauf- oder Mietpreise von Neubauten nicht mehr leisten. Erschwerend dazu findet der Wohnungsbau meist nur noch im hochwertigen Segment statt. In neuen Baugebieten ist es daher zentral, bezahlbaren Wohnraum zu realisieren. Viele wachsende Städte versuchen, im Zuge der Schaffung von Baurecht die Planungsbegünstigten zur Errichtung von preisgebundenen Wohnungen zu verpflichten (z.B. durch einen städtebaulichen Vertrag). Einige Städte wie z.B. Stuttgart entwickeln eigene Baulandmodelle und bieten – ergänzend zu den Landesförderprogrammen – städtische Förderungen an, um die Errichtung von bezahlbaren Wohnungen voranzutreiben. Wohnungsbauprojekte mit einer vorgegebenen Mietobergrenze stehen wegen der hohen Baukosten aktuell unter einem großen finanziellen Druck – oft sind sie nur durch Quersubventionierungen über frei finanzierte Wohnungen zu realisieren.

### 2.3.3 Bezahlbarer Wohnraum

Seit Jahren steigen die Kauf- und Mietpreise von Wohnungen in vielen Städten stark an. Bundesweit lagen die Angebotsmieten im Jahr 2018 bei 8,41 €/ m<sup>2</sup> (Nettokaltmiete). Im Vergleich zum Vorjahr erhöhten sich die Angebotsmieten um 5,2 %. In den größten deutschen Städten (über 500.000 Einwohner) lagen die Angebotsmieten 2018 durchschnittlich sogar bei 11,21 €/ m<sup>2</sup>. Knappes

Abb. 8: aktuelle Herausforderungen der Stadtentwicklung im Überblick



Quelle: eigene Darstellung

# ENERGIEVERSORGUNG VON NEUEN STADTQUARTIEREN

- 32 Grundlagen: Energieverbrauch und energiebedingte Emissionen
- 34 Begriffe
- 35 Energiebedarfe von Quartieren
- 38 Möglichkeiten für die Energieversorgung von Quartieren
- 39 Stromversorgung von Quartieren
- 52 Wärmeversorgung von Quartieren
- 78 Kühlung von Gebäuden
- 80 Wirtschaftlichkeit von Energieversorgungssystemen
- 83 Akteure der Energieversorgung





3

# 3 ENERGIEVERSORGUNG VON NEUEN STADTQUARTIEREN

Da die Energieversorgung von Gebäuden für den größten Teil der Treibhausgasemissionen verantwortlich ist, kommt ihr im Hinblick auf den Klimaschutz die größte Bedeutung zu. Insbesondere bei der Entwicklung von (Neu-)Quartieren gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, den Energiebedarf zu reduzieren, die Effizienz steigern und die weiterhin erforderliche Energie regenerativ zu erzeugen. Die Versorgung mit Energie (Wärme, Strom) ist für die Stadtplanung bei der Entwicklung von Baugebieten meist kein prioritäres Thema – am Beginn des Planungsprozesses stehen meist Fragen des Städtebaus, des Verkehrs oder des Arten- und Lärmschutzes vielmehr im Fokus.

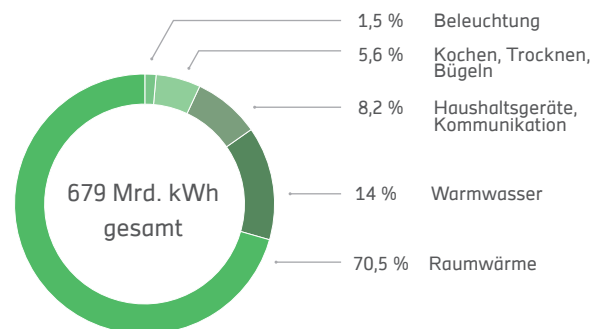
## 3.1 GRUNDLAGEN: ENERGIEVERBRAUCH UND ENERGIEBEDINGTE EMISSIONEN

Der Energieverbrauch wird nach Sektoren (Industrie, private Haushalte, Gewerbe/ Handel/ Dienstleistungen, Verkehr) gegliedert. Private Haushalte verbrauchten in Deutschland im Jahr 2017 etwa 651 Milliarden Kilowattstunden Energie (ohne Kraftstoffverbrauch für Verkehr). Dies entsprach einem Anteil von gut einem Viertel am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland. Private Haushalte sind somit nach dem Verkehr und der Industrie der drittgrößte Energieverbraucher in Deutschland. Im Zeitraum von 1990 bis 2017 fiel der Endenergieverbrauch in den Haushalten nur um etwa 1,5 % (ohne Verkehr). Etwa 70 % des Energieverbrauchs in Haushalten entfällt auf die Raumwärme, die hauptsächlich aus Erdgas oder Mineralöl erzeugt wird. Allerdings kommen in diesem Sektor verstärkt auch erneuerbare Energien und Fernwärme zum Einsatz. Die übrigen Anwendungsbereiche werden dominiert vom Energieverbrauch für Warmwasser sowie sonstiger Prozesswärme (Kochen, Waschen etc.) bzw. Prozesskälte (Kühlen, Gefrieren etc.). (vgl. Website UBA\_b)

Durchschnittlich verbraucht eine Person in Deutschland pro Jahr 1.400 kWh Strom und etwa 14.500 Liter Warmwasser. Im Jahr 2017 gab ein Haushalt in Deutschland durchschnittlich 1.694 € für Energie aus (Raumwärme,

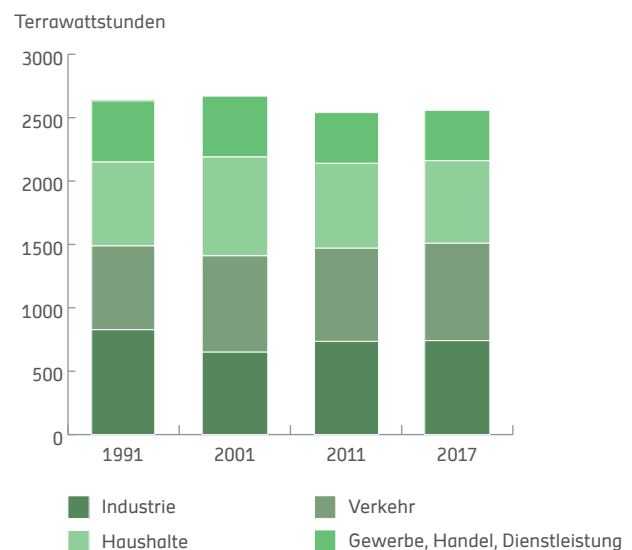
Warmwasser, Prozesswärme, Licht, Sonstige) sowie 1.087 € für Kraftstoffe. Insgesamt beliefen sich die Ausgaben aller Haushalte für Energie auf 67,7 Mrd. € und für Verkehr auf 43,4 Mrd. € (vgl. BMWi 2019: Tabelle 28). Die ständige Zunahme der zu beheizenden Fläche wirkt einer Reduzierung des Energieverbrauchs entgegen. Ebenfalls hat die wachsende Zahl an Kleinhaushalten Auswirkungen auf den Energiebedarf. Neben der zunehmenden Zahl an Wohnungen, die beheizt werden müssen, kommen immer mehr Großgeräte wie Kühlschränke oder Waschmaschinen in den Wohnungen zum Einsatz.

Abb. 9: Privathaushalte – Energieverbrauch 2017



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website Destatis\_c

Abb. 10: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren

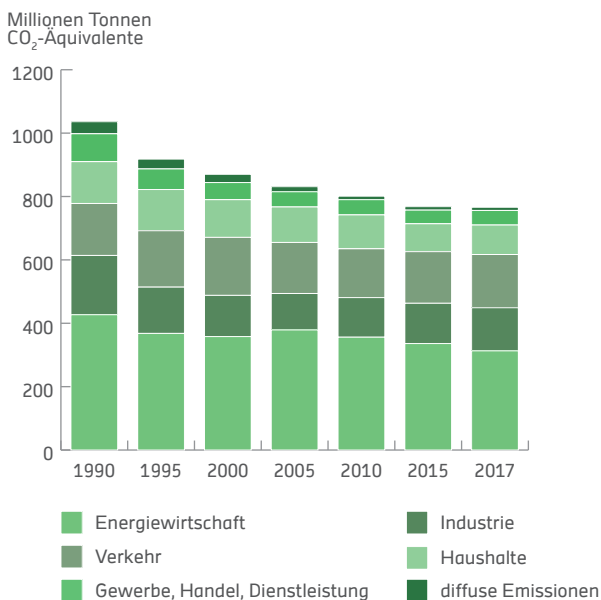


Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA\_p

### Energiebedingte Emissionen

Energiebedingte Emissionen bezeichnen die Freisetzung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen, die durch die Umwandlung von Energieträgern z.B. in Strom und Wärme entstehen. Sie machen etwa 85 % der Treibhausgasemissionen in Deutschland aus. Der Trend ist seit 1990 leicht rückläufig. 2017 beliefen sich die energiebedingten Treibhausgasemissionen auf 766 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente – dieser Wert lag 1990 bei 1.037 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Hauptverursacher mit etwa der Hälfte der energiebedingten Treibhausgasemissionen ist die Energiewirtschaft, danach folgenden die Sektoren Verkehr (ca. 20 %), Industrie (15 %), private Haushalte (10 %) sowie Gewerbe (5 %).

Abb. 11: Entwicklung der energiebedingten Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen

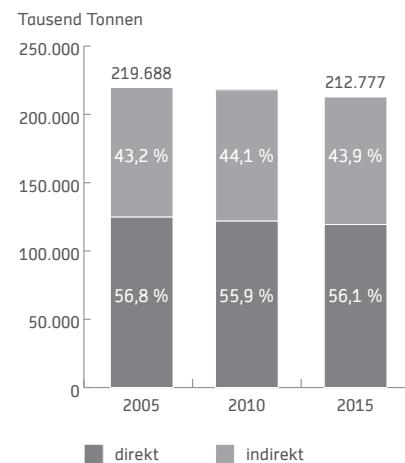


Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA\_e

Um die Emissionen, die durch das Wohnen verursacht werden, zu erfassen, kann auf das Bedarfsfeld „Wohnen“ zurückgegriffen werden. In diesem Bedarfsfeld fallen sogenannte direkte und indirekte Kohlendioxid-Emissionen als Folge des Energieverbrauchs an. Direkte Emissionen entstehen durch den unmittelbaren Einsatz von Energie für Heizung und Warmwasserbereitung, indirekte Emissionen bei der Energiebereitstellung für die privaten Haushalte, zum Beispiel für Strom für Haushaltsgeräte. Zwischen 2005 und 2015 haben die direkten Emissionen nur um 4,3 % abgenommen. Energieeinsparungen durch effizientere Heizungen und die stärkere Nutzung erneuerbarer Energien wurden durch den Trend zu höheren Wohnflächen pro Person aufgehoben (Rebound-Effekt). Die indirekten Emissionen sind im gleichen Zeitraum lediglich um 1,6 % zurückgegangen. Insgesamt nahmen

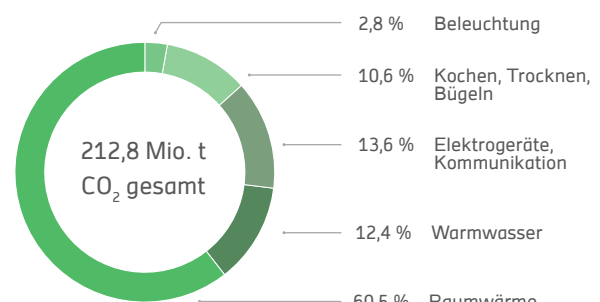
die Emissionen im Bedarfsfeld Wohnen zwischen 2005 und 2015 um 3,2 % auf rund 213 Mio. t ab. Insbesondere die Energiebereitstellung für die Nutzung von Raumwärme bringt hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen mit sich. Im Jahr 2015 verursachte die Erzeugung von Raumwärme 60,5 % der Kohlendioxid-Emissionen im Bereich Wohnen. An zweiter Stelle folgte mit 13,6 % der Betrieb von Elektrogeräten im Haushalt einschließlich der Informations- und Kommunikationstechnik. Die Warmwasserbereitung machte weitere gut 12 % der Kohlendioxid-Emissionen aus. (Website UBA\_j)

Abb. 12: direkte und indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bedarfsfeld Wohnen



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA\_q

Abb. 13: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Anwenderbereich im Bedarfsfeld Wohnen - 2015



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA\_r

### Herkunft der Energieträger

Deutschland ist in hohem Maße von Energieimporten abhängig. Rund zwei Drittel der fossilen Energieträger müssen importiert werden. Die langen Transportwege führen zu erheblichen Emissionen. Zudem ist der Import mit einigen Risiken verbunden – z.B. große politische Abhängigkeiten von anderen Nationen oder Schwierigkeiten beim Transport (z.B. bei Niedrigwasser in den Flüssen im

Sommer 2018). Ein großer Teil der Ausgaben für Energie fließt in autokratische Regimes und die Preise werden oft von Kartellen beeinflusst. Im Jahr 2015 wurden fossile Energieträger im Wert von 57 Milliarden € nach Deutschland importiert – im Jahr zuvor waren es noch 24 Milliarden € mehr. Durch den Einsatz von mehr erneuerbaren Energien können die Kosten für Importe gesenkt und die Versorgungssicherheit erhöht werden (vgl. BMU 2018: 9, 57).

## Herausforderungen und Ziele der Energiewende

Der Begriff Energiewende beschreibt das Ziel, die Wirtschaft und Gesellschaft dauerhaft mit Energie aus nachhaltig nutzbaren, erneuerbaren oder regenerativen Quellen zu versorgen. Neben der Stromversorgung umfasst dies auch die Wärmebereitstellung (Heizung, Warmwasser) und die Treibstoffe für den Verkehr. Bei der Entwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung sollten die folgenden Ziele langfristig verfolgt und in Einklang gebracht werden (vgl. Brauner 2019: 16):

- **erneuerbar:** Fossile Energie soll durch regenerative Energie ersetzt werden.
- **effizient:** Der Energiebedarf soll durch Effizienzmaßnahmen reduziert werden.
- **wirtschaftlich:** Die Versorgungssysteme müssen wirtschaftlich darstellbar sein und zu keinen unverhältnismäßig hohen Endkosten bei den Verbrauchern führen.
- **ökologisch:** Die Energieversorgung soll möglichst umweltfreundlich und klimaschonend sein.
- **sicher:** Die Versorgungssicherheit muss gewährleistet sein. Eine stabile Energieversorgung ist zwingend erforderlich.

Bisher werden die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr weitgehend unabhängig voneinander betrachtet. Für eine erfolgreiche Energiewende sollte nicht nur der Stromsektor auf erneuerbare Energien umgestellt werden, sondern auch im Wärme- und Verkehrsbereich ist es wichtig, den Einsatz von erneuerbaren Energien zu forcieren (z.B. Solarthermie). Strom aus erneuerbaren Energien kann dabei helfen, die Energiewende auch in den anderen Bereichen voranzubringen. Wenn nachhaltig erzeugter Strom genutzt wird, um in anderen Sektoren den Einsatz von fossilen Energien zu senken, wird von Sektorenkopplung gesprochen. Beispielsweise kann regenerativ erzeugter Strom für den Betrieb von Wärmepumpen oder von Elektroautos verwendet werden. (vgl. Joos 2019: 126)

## 3.2 BEGRIFFE



Wenn es um die Energieversorgung geht, werden oft Fachbegriffe verwendet, deren Bedeutung Nicht-Experten oft ungeläufig ist. Daher werden im Folgenden einige häufig verwendete Begriffe kurz erläutert:

### regenerative Energieträger

Primärenergieträger werden als „regenerativ“ bezeichnet, „wenn sie sich von selbst und innerhalb menschlicher Zeitmaßstäbe erneuern. Regenerative Energieträger stehen damit im Gegensatz zu den fossilen und nuklearen Energieträgern, die sich über geologische Prozesse in Jahrmillionen gebildet haben und deren Nutzung zu einer stetigen Abnahme führt.“ (Wesselak 2017: 111)

### fossile Energieträger

Fossile Energierohstoffe sind in Jahrmillionen aus Biomasse entstanden und bestehen aus unterschiedlich langen Kohlenstoffverbindungen. Die wichtigsten fossilen Energieträger sind Kohle, Erdgas und Erdöl. Allen fossilen Energieträgern ist gemeinsam, dass sie nur begrenzt vorhanden sind und ihre Verwendung zu hohen Treibhausgasemissionen führt.

### Klimaneutralität/ CO<sub>2</sub>-Neutralität

Klimaneutralität bedeutet, dass z.B. durch ein Gebäude die Menge an klimaschädlichen Gasen in der Atmosphäre nicht erhöht wird. Dies kann erreicht werden, indem entweder direkt Treibhausgasemissionen vermieden oder ausgestoßene Emissionen durch geeignete Maßnahmen kompensiert werden (z.B. Erwerb von Zertifikaten).

### Energieautarkie/ energieautark

Siehe ausführliche Erläuterungen auf S. 37

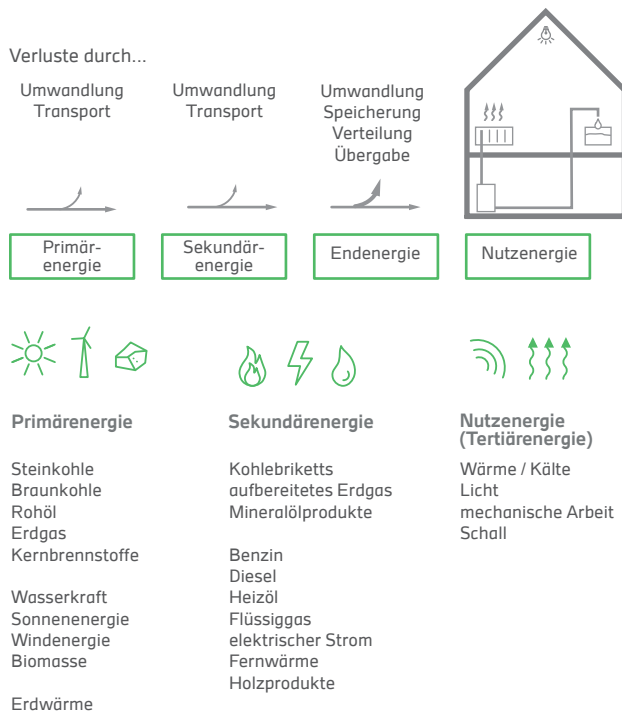
### CO<sub>2</sub>-Äquivalente

Emissionen anderer Treibhausgase als Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) werden zur besseren Vergleichbarkeit entsprechend ihrem globalen Erwärmungspotenzial in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet. CO<sub>2</sub>-Äquivalente sind eine Maßeinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase.

### Energieeffizienz

Energieeffizienz beschreibt das Verhältnis von Ertrag bzw. Leistung zu Energieeinsatz. Das Ersetzen einer alten Heizungsanlage durch eine Neuanlage, die mit weniger Energieaufwand die gleiche Leistung erbringt, ist ein klassischer Fall einer Energieeffizienzmaßnahme.

Abb. 14: Prozesskette von Primär- zu Nutzenergie



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Joos 2019: 27, Website: Destatis\_s

### Primärenergie

Primärenergie ist der nutzbare Energiegehalt eines natürlich vorkommenden Energieträgers, bevor er in eine andere Energieform umgewandelt wird. Primärenergie bezeichnet somit die Energieart und -menge, die direkt den genutzten natürlichen Quellen entnommen wird. Wenn beispielsweise aus Erdöl Treibstoff gewonnen wird, dann treten dabei Energieverluste auf. Die Energie des ursprünglichen Erdöls wird als die Primärenergie bezeichnet, die verbleibende Energie im Kraftstoff als Sekundärenergie.

### Sekundärenergie

Energie, die durch Umwandlung aus Primärenergie hervorgegangen ist, wird als Sekundärenergie bezeichnet. Je nach dem Zeitpunkt der Betrachtung kann sie mit der End- oder Nutzenergie gleichgesetzt werden.

### Endenergie

Endenergie ist der Teil der Primärenergie, die beim Verbraucher nach Abzug von Übertragungs- und Umwandlungsverlusten ankommt (z.B. Fernwärme, Strom, Benzin, Heizöl, Erdgas).

### Nutzenergie

Die Nutzenergie ist die Energieform, die der Energieabnehmer für die gestellte Aufgabe letztlich benötigt (z.B. zur Beleuchtung oder Heizung eines Raums). Dies verlangt fast immer einen letzten Wandlungsprozess, bei

dem aus der Endenergie die benötigte Energieform entsteht.

### Einspeisevergütung

Bei der Einspeisevergütung handelt es sich um die staatlich festgelegte Vergütung von Strom aus erneuerbaren Quellen, die durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz gesetzlich verankert wurde.

### Brennwertkessel

Ein Brennwertkessel ist ein Heizkessel für Warmwasserheizungen, der den Energieinhalt (Brennwert) des eingesetzten Brennstoffes nahezu vollständig nutzt. Mit Brennwertkesseln wird das Abgas weitestgehend abgekühlt und dadurch auch die Kondensationswärme des im Rauchgas enthaltenen Wasserdampfes zur Wärmebereitstellung genutzt.

### Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

KWK ist die gleichzeitige Umwandlung von Brennstoffen in elektrische Energie und Nutzwärme in einer technischen Anlage (siehe auch S. 45 und S. 67).

## 3.3 ENERGIEBEDARFE VON QUARTIEREN

Der Energiebedarf eines neuen Baugebiets hängt von einer Vielzahl an Faktoren ab, die in unterschiedlicher Weise bei der Planung beeinflusst werden können. Dies reicht von lokalklimatischen und topografischen Rahmenbedingungen (z.B. Verschattungen durch Hügel) über den Städtebau, das Versorgungssystem und den Gebäudeenergiestandard bis hin zum Nutzerverhalten des einzelnen Bewohners. Für die Energieversorgung von Quartieren sind Strom und Wärme (Raumheizung, Trinkwarmwasser) und zunehmend auch Kälte und Elektromobilität von Relevanz. Da ein Großteil des Energiebedarfs auf die Beheizung, Warmwasserbereitung und den Strom entfällt, kann durch eine klimafreundliche Energieversorgung neuer Stadtquartiere der CO<sub>2</sub>-Ausstoß minimiert und somit ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden.

Viele wichtige Einflussfaktoren für den Energiebedarf können Städte bei der Entwicklung von Quartieren durch verschiedene Instrumente und eine vorausschauende Planung beeinflussen (siehe Handlungsoptionen in Kap. 6). Angesichts der stark gestiegenen Kosten für das Wohnen sind die Wirtschaftlichkeit und die Kosten insbesondere für den Endnutzer bei allen Entscheidungen ein zentrales Kriterium.

Im Energiebereich gibt es derzeit viele parallele Entwicklungen auf verschiedenen Ebenen und laufend techno-

gische Fortschritte. Aktuell trifft die Errichtung innovativer Versorgungssysteme in Neubaugebieten auf eher schwierige Rahmenbedingungen. Obwohl die CO<sub>2</sub>-Emissionen massiv gesenkt werden sollten, erschweren teilweise gesetzliche und politische Vorgaben (z.B. Hindernisse bei Mieterstrommodellen) und Förderbedingungen eher die Umsetzung besonders klimafreundlicher Versorgungskonzepte. Regenerative Versorgungssysteme sind wegen der erforderlichen Anlagentechnik in der Regel mit hohen Anfangsinvestitionen verbunden. Dennoch sollen sie von Anfang an mit weitverbreiteten, vorhandenen Lösungen (z.B. bestehendes Fernwärmenetz) hinsichtlich der Kosten konkurrenzfähig sein.

Erschwerend können auch Bedenken der Bauherren und Bewohner gegenüber neuen Systemen und Vorgaben hinzukommen. Da Versorgungssysteme lange genutzt werden und nicht einfach geändert werden können, ist es von großer Bedeutung, bei der Planung von Quartieren eine langfristig nachhaltige und wirtschaftlich sinnvolle Versorgung vorzusehen. Angesichts dieser Rahmenbedingungen stellt sich die Umsetzung von Versorgungsanlagen, die Neubaugebiete als Gesamtheit versorgen und sich durch einen hohen Grad an Innovation und Klimafreundlichkeit auszeichnen, als schwierig dar – dies bestätigte sich auch bei der Auswertung von Projekten im Rahmen des i\_city-Forschungsprojekts (siehe Kap. 4). Dabei würde sich die Ebene des Stadtquartiers in besonderer Weise dafür eignen, die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr zu koppeln und ein quartiersbezogenes Energiesystem aufzubauen. Durch die Sektorenkopplung und Quartierslösungen kann Energie effizient genutzt werden, weil sie jederzeit und sektorenübergreifend in einem System dorthin fließt, wo sie gerade gebraucht wird.

### **Berechnung der Energiebedarfe und Bilanzierung von Quartieren**

Energetische Quartiersbilanzierungen ermöglichen es, die Wirkung bestimmter Maßnahmen zu vergleichen und bei Bedarf zwischen Alternativen zu entscheiden. Es gibt verschiedene Verfahren und Programme, um den Energiebedarf für Wärme und Strom und den daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Quartieren im Vorfeld zu berechnen und dabei ggf. im Quartier erzeugte Energie zu berücksichtigen. Die Bilanzierungsgrenze sollten dabei in geeigneter Weise festgelegt werden. Oft erfolgen die Berechnungen auf Grundlage von Gebäudetypen und -eigenschaften (z.B. Mehrfamilienhaus, Baujahr, Nutzung). Neben der Berechnung des Bedarfs und der möglichen Erzeugung von Energie kann mit Lastprofilen untersucht werden, inwieweit der Bedarf nicht nur bilanziell, sondern auch tatsächlich mit vor Ort erzeugter Energie (v.a. Strom) über das Jahr gedeckt werden kann. Auf Grundlage möglichst genauer Berechnungen können Konzepte für die Versorgung neuer Baugebiete erarbeitet werden (siehe dazu H1.3 auf S. 141). Eine umfangreiche Zusammenstellung

von Berechnungsverfahren lässt sich beispielsweise in den ExWoSt-Informationen 48/1 des BBSR aus dem Jahr 2016 finden (vgl. BBSR 2016b).

Bei Bilanzierungen müssen die Systemgrenzen sowie die berücksichtigten Sektoren in sinnvoller Weise bestimmt werden. Eine wichtige Frage besteht darin, in welcher räumlichen Abgrenzung welche Bedarfe und Erträge im Quartier in die Bilanzierung einfließen. Während Energieflüsse in Form von Brennstoffen und Elektrizität vergleichsweise einfach erfasst werden können, gestaltet sich die Erfassung von Mobilität oder grauer Energie als wesentlich schwieriger (vgl. McKenna/ Herbes/ Fichtner 2015: 6 f.). Im Idealfall sollten bei einer Bilanzierung von Quartieren nicht nur Wärme und Strom, sondern alle relevanten Energiebedarfe berücksichtigt werden (z.B. auch Mobilität oder graue Energie der Baustoffe). Bislang werden in der Praxis bei Bilanzierungen von Quartieren wegen des großen Aufwands für die komplexen Berechnungen meist nur Strom und Wärme betrachtet.

### **Bilanzierungsarten**

Wenn Baugebiete über eigene Anlagen für die Bereitstellung von Wärme und Strom verfügen, können im Hinblick auf die Bilanzierung verschiedene Ansätze unterschieden bzw. Ziele verfolgt werden. Oft werden Begriffe wie klimaneutral oder Nullenergie bereits im Namen für die neuen Quartiere genannt. Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe kurz erläutert:

#### **energieneutral**

Ein Quartier ist energieneutral, wenn der externe Energiebezug durch die quartiersintern erzeugten Energieüberschüsse bilanziell ausgeglichen wird. Energieneutralität wird auch Null-Energie genannt. Die Neutralität kann sich auch nur auf Wärme (wärmeneutral) oder auf Strom (elektroneutral) beziehen.

#### **Plusenergie**

Im Quartier wird über das Jahr mehr erneuerbare Energie erzeugt, als für den Betrieb verbraucht wird (Energieüberschuss). Wie hoch der Überschuss ist, ist nicht von Relevanz. Der Überschuss wird in der Regel als elektrische Energie ins Stromnetz eingespeist. Grundgedanke hinter Plusenergie ist, dass eine volle Deckung des Energiebedarfs mit erneuerbaren Energien erreicht wird. Da es keine allgemein gültige Definition für Plusenergie gibt, ist nicht abschließend geklärt, ob sowohl Wärme als auch Strom zu berücksichtigen sind.

#### **CO<sub>2</sub>-neutral**

CO<sub>2</sub>-neutral ist ein Quartier, wenn es keinen Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre hat und somit nicht klimaschädlich ist. Fast gleichbedeutend ist der

Begriff klimaneutral. Beispielsweise gilt Biomasse als CO<sub>2</sub>-neutraler Brennstoff, da bei der Verbrennung die CO<sub>2</sub>-Menge freigesetzt wird, die zuvor bei deren Wachstum der Atmosphäre entzogen wurde. Allerdings dürfen die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Produktion entstehen, nicht unberücksichtigt bleiben (z.B. Kraftstoff- oder Stromverbrauch). CO<sub>2</sub>-Neutralität kann auch durch Kompensationen erreicht werden. Grundgedanke ist, dass nicht vermeidbare CO<sub>2</sub>-Emissionen durch eine Reduktion von Emissionen an anderer Stelle kompensiert werden. Klimaneutralität bei Quartieren lässt sich meist nur durch Kompensation erreichen, da bei der Erzeugung von Wärme und Strom in der Regel immer in gewissen Maßen CO<sub>2</sub> emittiert wird (z.B. infolge der Herstellung von PV-Modulen). Beiträge zum Ausgleich kann v.a. die Stromproduktion aus Photovoltaik oder aus regenerativ betriebenen BHKW leisten. Wenn erneuerbar erzeugter Strom eingespeist wird, dann kann die daraus folgende Substitution von Netzstrom dem Quartier gutgeschrieben werden. Durch solche Berechnungsweisen kann eine rechnerische bzw. bilanzielle Emissionsfreiheit erreicht werden. Jedoch gilt diese Betrachtungsweise nicht als langfristig gesichert. Wenn substituierter Netzstrom immer mehr regenerativ erzeugt wird, dann verringert sich mit der Zeit auch die Gutschrift. In Gebieten mit einer hohen Bebauungsdichte, in denen im Verhältnis zur Nutzfläche nur wenige Dachflächen zur Verfügung stehen, kann sich die CO<sub>2</sub>-Kompensation durch PV-Strom schwierig gestalten.

### CO<sub>2</sub>-frei

Innerhalb der Bilanzgrenzen dürfen keine CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen. Damit sind in einem Quartier alle Verbrennungsprozesse ausgeschlossen, auch wenn regenerative Energieträger verwendet werden. Für die Energieversorgung können somit nur Umweltwärme, Solarstrahlung oder Wind- und Wasserkraft zum Einsatz kommen.

## Autarkie und Eigenverbrauch von Quartieren

Da in der Praxis bei der energetischen Bewertung von Quartieren oder Gebäuden der Begriff „Autarkie“ bzw. „autark“ oft willkürlich und mit falschen Vorstellungen verwendet wird, wird an dieser Stelle darauf eingegangen. Im Allgemeinen ist damit das Prinzip gemeint, lokale bzw. regionale anstatt importierte Energieressourcen zu nutzen und die Energieversorgung dezentral zu organisieren. Grundsätzlich ist es dabei wichtig, zu unterscheiden, ob es sich um bilanzielle oder komplette Autarkie handelt:

- **Bilanzielle Autarkie** bedeutet, dass ein Quartier über das Jahr betrachtet autark ist. Dabei wird aber auch Energie von außerhalb genutzt, um Diskrepanzen zwischen Angebot und Nachfrage auszugleichen. Für diese Art werden auch die Begriffe „weiche Autarkie“

oder „Plusenergie“ verwendet. Über das gesamte Jahr gesehen wird somit innerhalb der Bilanzgrenze mehr Energie produziert als verbraucht. Da erneuerbare Energien aber oft nicht dann anfallen, wann sie am meisten benötigt werden, muss in diesen Phasen auf Energie von außen zugegriffen werden. Durch Speicher kann der Grad der Autarkie erhöht werden.

- Bei der **kompletten Autarkie** (auch leistungsbezogene, strenge oder starke Autarkie genannt) ist das Quartier von seiner Umgebung energetisch abgetrennt und deckt seine gesamte Energienachfrage durchgehend selbst. Es darf keine externe Energie bezogen werden. Eine Verbindung zu öffentlichen Leitungsnetzen ist nur für die optionale Einspeisung von Überschüssen zulässig. Komplette Energieautarkie ist bei Stadtquartieren bislang eher selten zu finden, weil die erneuerbaren Ressourcen oft nicht ausreichen und ein enormer technischer Aufwand v.a. für die Speicherung erforderlich wäre.

Der Grad der Energieautarkie wird meist durch zwei Indikatoren bemessen: einerseits den Energieautarkiegrad (auch Eigendeckung) und andererseits den Eigenverbrauchsanteil (auch Eigenverbrauchsquote). Diese beiden Begriffe werden oft synonym gebraucht, obwohl sie nicht das Gleiche beschreiben. Der Eigenverbrauchsanteil ist der Anteil am produzierten Strom, der selbst genutzt wird. Der Autarkiegrad ist der Anteil des selbst produzierten Stroms am gesamten Stromverbrauch. Bei 100%-iger Energieautarkie kann der Eigenverbrauchsanteil auch unter 100 % liegen, wenn beispielsweise bei einer Überproduktion weiterhin erneuerbarer Strom ins Netz eingespeist wird.

Bei innovativen Konzepten stellt sich stets die Frage, inwieweit komplette Autarkie einerseits auf der Ebene des Quartiers technisch und wirtschaftlich darstellbar ist und sich andererseits sinnvoll erreichen lässt. Dies hängt vor allem von den erforderlichen Energiespeichern und Flexibilisierungsmöglichkeiten ab, die meist mit erheblichen Kosten verbunden sind. In der Regel ist bei Quartiersentwicklungen ein Anschluss an das örtliche Verteilnetz vorteilhaft und anzustreben (vgl. Deutschle et al. 2016).

## Gebäudeenergiestandards

Einen großen Einfluss auf den Energiebedarf eines Quartiers hat der Energiestandard, in dem die Gebäude errichtet werden. Dabei können verschiedene Standards für Gebäude unterschieden werden – zu den wichtigsten gehören:

- **EnEV-Standard:** Er definiert den gesetzlichen Mindeststandard, der bis zum Inkrafttreten des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) von der EnEV vorgegeben wird. Seit 2016 müssen alle Neubauten verschärfte

Anforderungen der EnEV 2014 erfüllen (Absenkung des Jahres-Primärenergiebedarfs um 25 %, Verschärfung der Transmissionswärmeverluste um 20 %).

- **KfW-Effizienzhaus:** Die von der KfW angebotenen Förderprogramme beziehen sich auf die Berechnung nach EnEV. Derzeit fördert die KfW die Standards KfW-Effizienzhaus 40 Plus, 40 und 55. Ein KfW-Effizienzhaus 55 benötigt 55 % der Energie des Referenzgebäudes, ein KfW-Effizienzhaus 40 nur 40 %. Für den Standard KfW-Effizienzhaus 40 Plus sind weitere Geräte und Anlagen etwa zur Stromerzeugung und Lüftung erforderlich.
- **Passivhaus:** Der Standard wurde vom Passivhausinstitut in Darmstadt eingeführt. Ziel ist es, neben passiven Energiequellen keine zusätzliche Energie oder Technologie zur Beheizung des Gebäudes einsetzen zu müssen. Als Hauptkriterien darf der Jahresheizwärmebedarf 15 kWh/ (m<sup>2</sup>.a) nicht überschreiten und der Bedarf an erneuerbarer Primärenergie für alle Haushaltsanwendungen nicht höher als 60 kWh/ (m<sup>2</sup>.a) sein. Zudem müssen bestimmte Bauteilqualitäten eingehalten werden.
- **Nullenergiehaus:** Das Gebäude verbraucht bilanziell über das Jahr nur so viel Energie, wie es selbst produziert. Nullenergiehäuser sind energieneutral, aber in der Regel nicht energieautark. Erforderlich ist eine lokale, regenerative Energieerzeugung, die den gesamten Bedarf in der Jahresbilanz abdeckt.
- **Plusenergiehaus:** Die am Gebäude regenerativ erzeugte Energie ist in der Jahresbilanz größer als der Energiebedarf.

### 3.4 MÖGLICHKEITEN FÜR DIE ENERGIEVERSORGUNG VON QUARTIEREN

#### Gebäude- oder quartiersbezogene Konzepte



Grundsätzlich kann bei der Entwicklung neuer Baugebiete unterschieden werden, ob die Energieversorgung entweder individuell pro Gebäude oder über Grundstücksgrenzen hinweg auf Quartiersebene organisiert wird. Mehrere, in Zusammenhang stehende Gebäude in eine Bilanzgrenze einzubeziehen und gemeinsam zu versorgen, bietet aus energetischer Sicht viele Vorteile. Allerdings hängt die Realisierbarkeit solcher Konzepte davon ab, ob die Bauherren bzw. Bewohner zur Teilnahme bereit sind und es einen passenden Akteur gibt, der die Planung, Errichtung und den

Betrieb des Versorgungssystems langfristig übernimmt. Eine wichtige Frage im Hinblick auf die Mitwirkungsbereitschaft besteht darin, wie viele und welche Art von Investoren und Bewohner in einem Quartier anzutreffen sind. Die aktuell bei vielen großen Stadtentwicklungsprojekten verfolgte Strategie, durch eine kleinteilige und vielfältige Eigentümerstruktur lebendige Quartiere entstehen zu lassen, kann den Aufwand und die Komplexität bei der Realisierung von quartiersbezogenen Versorgungssystemen erhöhen. Mit Blick auf den Klimaschutz wird es in Fachkreisen als zielführend angesehen, bei neuen Baugebieten Energiebedarfe und CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht gebäudescharf zu berechnen, sondern das Quartier als Grenze für die Energie- und Emissionsbilanz heranzuziehen. Darin können Gebäude unterschiedlicher energetischer Standards zusammengefasst werden und die Gesamtbilanz untereinander ausgleichen. Der Gesetzentwurf für das Gebäudeenergiegesetz vom 23.10.2019 enthält erstmals auch Regelungen, um die Umsetzung von solchen quartiersbezogenen Konzepten zu erleichtern (§§ 103, 107 GEG, Entwurf Stand 23.10.2019). Eine quartiersbezogene Betrachtung kann die Realisierung wirtschaftlicherer Energiekonzepte als bei Einzelhauslösungen ermöglichen.

#### Energieversorgungssysteme im Quartiersmaßstab haben u.a. folgende Vorteile (vgl. Website BINE):

- Solaranlagen lassen sich großflächig auf geeigneten Gebäuden zusammenfassen. Dies verbessert die Wirtschaftlichkeit und ermöglicht oft eine bessere architektonische Gestaltung als viele verschiedene Einzellösungen.
- Im Quartierskontext lassen sich große, zentrale Langzeitwärmespeicher mit höherer Wahrscheinlichkeit wirtschaftlich realisieren.
- KWK-Anlagen sind bei größeren Leistungen günstiger und effizienter als im Kleinleistungsbereich. Auch Anlagen mit Biomasse kommen eher in Frage.
- Quartiere mit Nutzungsmischung ermöglichen einen zeit- und ortsnahe Ausgleich von Energieerzeugung und -verbrauch. Beispielsweise kann Abwärme von Kälteanlagen in Verkaufsstätten oder Gewerbebetrieben in Nahwärmenetze eingespeist werden und somit zur Versorgung von Wohnnutzungen beitragen.
- Generell kann im Rahmen von Quartierslösungen mit ausreichend hoher Bebauungsdichte bei vielen Energiesystemen von einem positiven Skaleneffekt und somit von einer Abnahme der spezifischen Systemkosten ausgegangen werden.
- Da Quartierskonzepte meist von einem professionellen Unternehmen umgesetzt werden, das an einem hohen Gewinn und reibungslosen Betrieb interessiert ist, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass das Versorgungssystem möglichst effizient betrieben und bei Bedarf optimiert wird.



## Fossile und regenerative Energieträger

Für die Versorgung von Quartieren mit Strom und Wärme kommen prinzipiell fossile oder regenerative Energieträger in Frage. Zu den erneuerbaren Energieträgern zählen Solarstrahlung, Windenergie, Wasserkraft, Biomasse, die Meeresgezeiten und Erdwärme. Beim Aufbau möglichst klimaschonender Versorgungssysteme besteht ein zentrales Problem darin, dass die Verfügbarkeit vieler regenerativen Energieträger eingeschränkt ist. Sehr oft fallen Angebot und Nachfrage in Stadtquartieren zeitlich auseinander. Während die solare Strahlung noch gewisse Gesetzmäßigkeiten (Tag- und Nachtgang, Sommer- und Winter Sonnenstände) aufweist, können manche Energiequellen wie Wind und Wasser nur eingeschränkt vorausgesehen werden. Im Gegensatz zu vielen regenerativen Energieträgern lässt sich Biomasse wie Holz problemlos speichern, transportieren und bei Bedarf verfeuern. Geothermische Wärme steht als konstante Energiequelle jederzeit zur Verfügung.

Im Folgenden werden die wichtigsten Vor- und Nachteile von fossilen und erneuerbaren Energieträgern zusammengefasst:

### Fossile Energieträger:

- Öl, Gas und Kohle lassen sich in großen Mengen fördern, speichern und stehen quasi auf Abruf zur Verfügung.
- Ihr Vorkommen ist allerdings begrenzt.
- Sie stehen nicht einfach zur Verfügung, sondern sind meist mit hohen Kosten verbunden. Die Preise sind vom Weltmarkt abhängig. Steuern (z.B. CO<sub>2</sub>-Steuer) und sonstige Abgaben führen zu weiteren Verteuerungen.
- Öl, Gas und Kohle haben einen hohen spezifischen Energieinhalt. Es handelt sich um „hochkonzentrierte“ Energieträger.
- Die hochwertigen Energieträger werden zum großen Teil durch Verbrennung bei hohen Temperaturen zur Bereitstellung von Niedertemperaturwärme verbraucht (große Verluste).
- Die Verbrennung stößt viele Treibhausgase und sonstige Schadstoffe aus.
- Die Energieträger müssen aufwändig gefördert und über weite Strecken transportiert werden.
- Die meisten fossilen Energieträger werden nach Deutschland importiert, wodurch eine starke Abhängigkeit entsteht.

### Regenerative Energieträger:

- Wind, Sonne und Wasser lassen sich nicht in beliebigen Mengen fördern, speichern und stehen nicht auf Abruf zur Verfügung. Angebot und Nachfrage können im Tages- und Jahresverlauf auseinander fallen.

- Die Energiequellen verbrauchen sich nicht und erneuern sich im Gegensatz zu fossilen Energiequellen stetig.
- Erneuerbare Energien sind ressourcenschonend und verursachen wenig bis keine CO<sub>2</sub>-Emissionen und sonstigen Schadstoffe. Bei einigen Brennstoffen wird nur so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt, wie eine Pflanze zuvor gebunden hat.
- Die Energiedichte von Wind, Sonne und Wasser ist deutlich geringer im Vergleich zu fossilen Energieträgern.
- Sonne und Wind sind kostenlos und lassen sich nicht handeln.
- Die Niedertemperaturwärme vieler Systeme lässt sich unmittelbar bereitstellen (geringe Verluste).
- Die Nutzung hinterlässt keine Rückstände wie z.B. bei der Atomenergie. Allerdings kann die Produktion von Anlagenteilen (z.B. PV-Anlagen) ressourcenintensiv sein.
- Technische Anlagen mit erneuerbaren Energien sind oft (noch) mit hohen Kosten verbunden.

Grundsätzlich kann unterschieden werden, ob die Energieträger innerhalb eines Neubauquartiers zur Verfügung stehen oder ob sie von außerhalb bezogen werden müssen. Bei quartiersintern verfügbaren Energieträgern handelt es sich in der Regel um regenerative Energieträger wie Solarstrahlung, Geothermie, Windkraft oder in begrenztem Umfang Biomasse. Biomasse und insbesondere fossile Energieträger werden meist von außerhalb bezogen. Elektrische oder thermische Energie kann entweder direkt aus Versorgungsnetzen bezogen oder erst im Quartier durch Umwandlung von Energieträgern erzeugt werden.

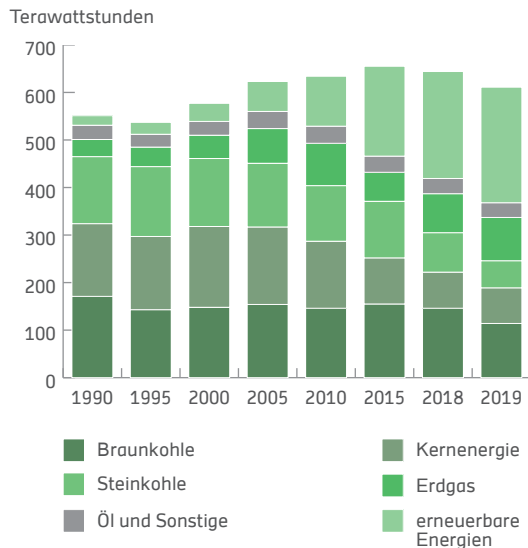
## 3.5 STROMVERSORGUNG VON QUARTIEREN

### 3.5.1 Rahmenbedingungen und Zahlen

Da die Stromerzeugung etwa 40 % der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht, muss der Stromsektor grundlegend umstrukturiert werden, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Bei der Stromerzeugung treten hohe Umwandlungsverluste auf. Durch sparsame Stromnutzung und eine höhere Effizienz sowie eine Erzeugung, die auf erneuerbaren Energien basiert, können die Treibhausgasemissionen gesenkt werden. Die Umstrukturierung der Stromversorgung ist ein komplexer Prozess. Aktuell steht dem wachsenden Anteil erneuerbarer Energien nicht im gleichen Maße ein Rückgang der konventionellen Stromerzeugung gegenüber. Deshalb wird seit vielen

Jahren in Deutschland mehr Strom produziert als verbraucht. Überschüsse werden in der Folge ins Ausland verkauft und führen in Deutschland zu erheblichen Treibhausgasemissionen für Strom, der aber hierzulande nicht verbraucht wird.

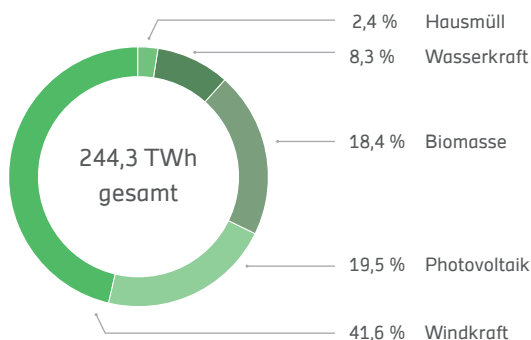
Abb. 15: Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA 2020

Im Jahr 2019 lag der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung bei 39,8 % – dies entspricht zum Vorjahr um einer Steigerung um 13,1 %. Bei Strom aus erneuerbaren Energien lassen sich somit deutliche Fortschritte erkennen. Seit 1990 hat sich der Anteil mehr als verzehnfacht (3,6 %). Auch im Jahr 2000 lag der Anteil an erneuerbaren Energien bei nur 6,6 %. Rund 52 % der erneuerbaren Energien stammen aus Windenergie, rund 20 % aus Photovoltaik und etwa 18,5 % aus Biomasse. Im Jahr 2019 wurde 18,7 % des Stroms aus Braunkohle und 9,3 % aus Steinkohle erzeugt. Ein Anteil von 12,3 % entfiel auf Kernenergie und ein Anteil von 14,9 % auf Erdgas (vgl. Website UBA\_2020).

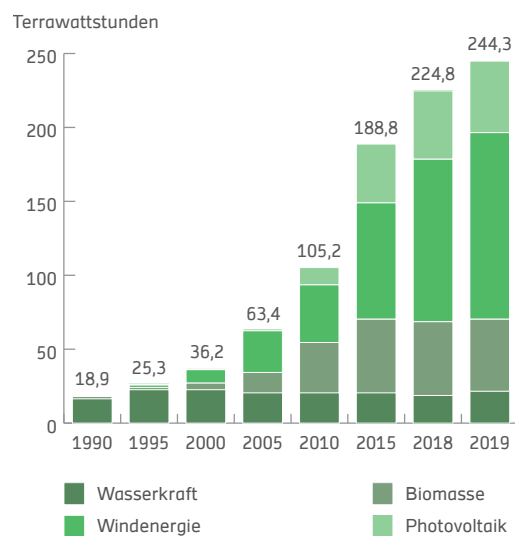
Abb. 16: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (2019)



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA 2020

Das Umweltbundesamt hat berechnet, dass im Jahr 2018 pro Kilowattstunde etwa 474 Gramm Kohlendioxid als direkte Emission aus der Verbrennung fossiler Energieträger emittiert wurde. Wegen des steigenden Anteils an erneuerbaren Energien sank dieser Anteil in den letzten Jahren. Für das Jahr 2018 wird von Emissionen in Höhe von 273 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> ausgegangen. Hierbei lässt sich ebenfalls ein Rückgang in den letzten Jahren feststellen, obwohl der Stromverbrauch in den vergangenen Jahren vor allem wegen der guten wirtschaftlichen Lage anstieg (vgl. Website UBA\_c).

Abb. 17: Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA 2020

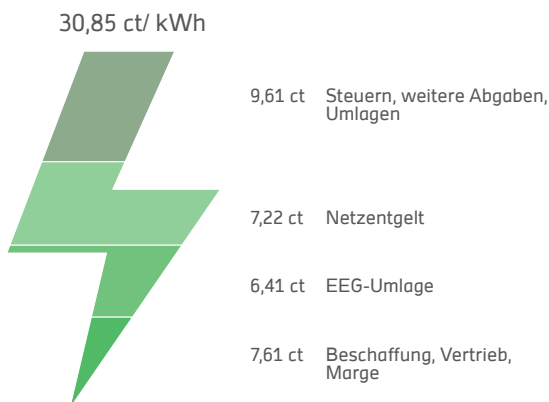
Eine Herausforderung bei der Stromversorgung besteht darin, dass der Strombedarf periodisch stark schwankt. Tagsüber wird mehr Strom benötigt als nachts, werktags mehr als am Wochenende und an Feiertagen. Der Stromverbrauch ist im Sommer etwas geringer als im Winter. Die Verbräuche in Wohngebäuden schwanken je nach Tageszeit stark. Es gibt verschiedene Ansätze, wie das Energiesystem der Zukunft organisiert werden kann. Die Meinungen in der Fachwelt gehen auseinander, ob die Energiewende auf zentrale Strukturen (z.B. Offshore-Windkraft, Solarstrom aus dem Süden) oder auf dezentrale Strukturen mit einem regionalen Ausgleich von fluktuierender und flexibler Erzeugung setzen sollte (vgl. Leprich/ Neumann 2017: 16).

### 3.5.2 Strombedarf und Strompreis

Der Stromverbrauch in Privathaushalten hängt stark von der Ausstattung mit Geräten, der Haushaltsgröße und dem Nutzerverhalten ab. Je mehr Personen in einem Haushalt leben, umso geringere spezifische Stromverbräuche je Person sind zu erwarten. Seit dem Jahr 2000 hat sich der Preis für Strom für private Haushalte fast verdoppelt. Dies liegt vor allem an den steigenden Abgaben, Steuern und Umlagen, die mittlerweile mehr als die Hälfte des Strompreises ausmachen. Der Strompreis für Haushalte setzte sich im Jahr 2019 aus den folgenden Bestandteilen zusammen (vgl. Website Bundesnetzagentur\_a):

- Kosten für die Strombeschaffung (Erzeugung oder Einkauf), Vertrieb und Gewinnmarge (ca. 22,4 %)
- Steuern (22,9 %) (Mehrwertsteuer 16 %, Stromsteuer 6,9 %)
- Netznutzungsentgelt inklusive Abrechnung (23 %)
- Messung und Messstellenbetrieb (1,1 %) (Entgelte für die technisch notwendigen Mess- und Steuereinrichtungen, die Ablesung etc.)
- Abgaben/ Umlagen (30,7 %)

Abb. 18: beispielhafte Strompreiszusammensetzung für Haushaltskunden mit einem Jahresverbrauch zwischen 2.500 und 5.000 kWh (2019)



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website Bundesnetzagentur\_b

Die Umlagen setzen sich aus der Konzessionsabgabe (5,4 %), aus der EEG-Umlage (22,7 %), der Umlage nach dem KWKG (1,2 %) und nach § 19 der Strom-Netzentgeltverordnung (1,2 %), der Offshore-Haftungsumlage (0,1 %) sowie der Umlage für abschaltbare Lasten (0,1 %) zusammen. Am höchsten fällt die EEG-Umlage aus, die vom Endverbraucher für die Förderung erneuerbarer Energien zu entrichten ist (siehe dazu EEG, S. 26). Haushaltskunden mit einem Jahres-Stromverbrauch von 2.500 bis 5.000 kWh zahlten 2019 einen durchschnittlichen Strompreis von 30,85 ct/ kWh (vgl. Website Bundesnetzagentur\_a). Mit einer eigenen PV-Anlage erzeugter Strom ist in der

Regel deutlich günstiger (siehe S. 43). Für das Jahr 2020 wird von einem weiteren Anstieg der Strompreise um durchschnittlich 5,5 % ausgegangen. Die Hauptgründe dafür liegen in einer Erhöhung der EEG-Umlage sowie in steigenden Netznutzungsentgelten.

### 3.5.3 Besonderheiten bei der Stromversorgung von Stadtquartieren

#### Einschränkungen bei der quartiersbezogenen Stromversorgung

Während sich im Bereich der Wärmeversorgung grundstücksübergreifende Konzepte vergleichsweise einfach umsetzen lassen, stellt sich die Situation im Strombereich wesentlich komplexer dar. Wenn das Netz der allgemeinen Versorgung genutzt wird, sind Netzentgelte zu entrichten, die die Wirtschaftlichkeit massiv verschlechtern. Sobald das öffentliche Netz genutzt wird, macht es bei den Abgaben keinen Unterschied, ob der Strom nur innerhalb des Quartiers oder über weite Strecken von einem Großkraftwerk transportiert wird. Versorgungskonzepte, die das öffentliche Netz nutzen, sind wegen dieser regulatorischen Rahmenbedingungen meist nicht wirtschaftlich darstellbar (vgl. Giese/ Halstrup/ Ortman 2018: 232). Zudem ist zu beachten, dass es beim Strom im Gegensatz zur Wärme rechtlich nicht möglich ist, Verpflichtungen zur Nutzung geschaffener Erzeugungsanlagen zu erlassen. Es ist gesetzlich vorgeschrieben, dass Verbraucher Wahlfreiheit beim Stromanbieter haben müssen.

#### Eigenverbrauch und Einspeisung

Betreiber von regenerativen Stromerzeugungsanlagen und von KWK-Anlagen können den Strom grundsätzlich entweder selber nutzen oder ins Netz einspeisen. Die Einspeisung unterliegt zahlreichen rechtlichen Vorgaben. Betreiber von PV-Anlagen bis 100 kWp erhalten eine für 20 Jahre staatlich garantierte Einspeisevergütung, um eine hohe Investitionssicherheit zu schaffen. Die Bundesnetzagentur veröffentlicht laufend die Höhe der Einspeisevergütung. Im Januar 2020 lag die Vergütung in Abhängigkeit der Anlagengröße zwischen 7,54 und 9,87 ct/ kWh. Je größer die Anlage ist, umso geringer fällt die Einspeisevergütung aus, da davon ausgegangen wird, dass der Anschaffungspreis pro Kilowatt Nennleistung für größere PV-Anlagen niedriger ist. Darüber hinaus sinken die Vergütungssätze monatlich, da sie vom Zuwachs der Gesamtkapazität der PV-Anlagen in Deutschland abhängen. Der Solarstrom größerer Anlagen ab 100 kWp muss der Betreiber selbst vermarkten. Das bedeutet, dass der einzuspeisende Strom über einen Direktvermarkter

an der Strombörse verkauft wird. Da die Preise an der Strombörse geringer als die EEG-Vergütung sind, erhält der Betreiber als Ausgleich eine Marktprämie. (vgl. BSW o.J.: 3-5; siehe auch S. 26)

Der lokale Stromnetzbetreiber ist gesetzlich dazu verpflichtet, Anbieter von Solarstrom an ihr Netz anzuschließen und die erzeugte Energie vorrangig abzunehmen. Die Einspeisung von regenerativem Strom soll die Stromerzeugung in konventionellen Kraftwerken reduzieren, sodass in der Folge die CO<sub>2</sub>-Emissionen abnehmen. Nur wenn der stabile Betrieb der Stromnetze gefährdet ist, dürfen Anlagen für erneuerbare Energien abgeregelt werden. In diesen Fällen muss der Netzbetreiber dem Einspeiser dennoch den Strom entsprechend dem staatlich vorgegebenen Preis vergüten. Der Netzbetreiber verkauft den eingespeisten Strom an der Strombörse weiter. Im Normalfall kann er dabei aber nur einen wesentlich geringeren Preis erzielen. Die entstehende Differenz wird dem Netzbetreiber aus dem EEG-Topf erstattet. Dieser speist sich aus der EEG-Umlage, die jeder Verbraucher über den Strompreis mitbezahlt. Wenn das staatliche Gesamtausbauziel erreicht ist, wird die Förderung komplett eingestellt. (vgl. Website Energielexikon\_a)

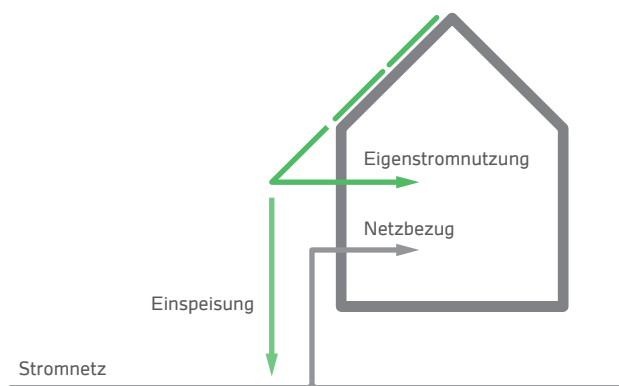
Neben Strom aus Solaranlagen erhalten auch Betreiber von KWK-Anlagen eine bestimmte Vergütung. Die Vergütung setzt sich aus dem „üblichen“ Strompreis (KWK-Index), aus dem im KWK-Gesetz geregelten Zuschlag und aus der Vergütung der vermiedenen Netzkosten zusammen. (vgl. Website CO<sub>2</sub>online)

Alternativ zur Einspeisung wird die Eigennutzung des Solarstroms wegen der hohen Stromkosten zunehmend attraktiver. Wie bereits erwähnt, zeigte eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (siehe S. 43), dass bei allen berechneten PV-Varianten die Stromgestehungskosten deutlich geringer als die durchschnittlichen Kosten für Netzstrom ausfielen (vgl. ISE 2018: 15 f.). Angesichts der kontinuierlich steigenden Strompreise können Haushalte durch den Eigenverbrauch von Solarstrom erhebliche Kosten sparen. Allerdings müssen seit der Novellierung des EEG im August 2014 unter bestimmten Voraussetzungen auch Eigenversorger eine EEG-Umlage (40 % der regulären EEG-Umlage) für selbst genutzten Strom bezahlen (vgl. Bundesnetzagentur 2016: 7-15). Im Gegensatz dazu erhielt der Erzeuger zwischen 2009 und 2012 sogar eine zusätzliche Vergütung für den selbst verbrauchten Strom. Diese Regelungen gibt es zwischenzeitlich nicht mehr, da der Eigenverbrauch ohnehin wirtschaftlich sei.

Insgesamt sind die Einspeisung und der Eigenverbrauch mit einem erheblichen bürokratischen Aufwand für den Betreiber von entsprechenden Anlagen verbunden. Unter anderem gilt die Einspeisung von Strom als gewerbliche Tätigkeit. Wie beim Mieterstrom kann bei Wohnungsunternehmen die Einspeisung von Strom zum Verlust der

sog. erweiterten Gewerbesteuerkürzung und somit zu erheblichen finanziellen Nachteilen führen.

Abb. 19: Photovoltaikanlagen in Gebäuden



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Bohne 2019: 606

### 3.5.4 Energiequellen

#### Fossile Energieträger: Kohle und Gas

Der weltweite Strombedarf wird derzeit überwiegend durch Kohle gedeckt. In Deutschland nahm der Anteil des Kohlestroms an der Bruttostromerzeugung zwischen 1990 und 2019 von etwa 57 % auf 28 % ab. Bei der Verbrennung von Kohle werden hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie weitere gesundheits- und umweltschädliche Stoffe wie Schwefeloxide, Ruß und Staub sowie toxische Metalle wie Blei freigesetzt. Mit der Schließung der letzten Zeche im Dezember 2018 endete in Deutschland der Abbau von Steinkohle, sodass sämtliche Steinkohle für die etwa 60 in Betrieb befindlichen Kraftwerke importiert werden muss. Braunkohle wird dagegen weiterhin bis zum Kohleausstieg im Jahr 2038 als heimischer Energieträger gefördert. Im Jahr 2018 wurden in Deutschland 166 Mio. t Braunkohle abgebaut (vgl. Bundesverband Braunkohle 2019). 2017 waren noch 45 Braunkohlekraftwerke in Betrieb, die 50 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stromerzeugung verursachten. Braunkohlekraftwerke sind als Grundlastkraftwerke konzipiert und können im Gegensatz zu Gaskraftwerken nicht flexibel an den Strombedarf angepasst werden. Trotz Kohleausstieg geht im Mai 2020 das Kohlekraftwerk Datteln 4 in Betrieb.

Entsprechend dem Beschluss der von der Bundesregierung eingesetzten Kohlekommission werden bis zum Jahr 2038 alle Kohlekraftwerke abgeschaltet. Im Januar 2020 wurde eine Einigung über den Zeitplan für die Stilllegung der Braunkohlekraftwerke sowie für die Entschädigungen erzielt. Für die Abschaltung der Kraftwerke sollen die Betreiber Entschädigungen in Höhe von etwa vier Milliar-

den Euro erhalten. Die Bundesregierung plant, die vom Kohleausstieg betroffenen Bundesländer und Regionen mit einer Summe von 40 Milliarden Euro zu unterstützen. Für eine Absicherung von Lastspitzen und als Back-up für eine Dunkelflaute werden fossil betriebene Kraftwerke für die Energiewende weiterhin eine Rolle spielen. Der mit der Energiewende geplante wachsende Anteil erneuerbarer Energien im deutschen Stromnetz führte Jahre lang nicht wie gewünscht dazu, dass dafür weniger Strom aus Kohle erzeugt wird. Aufgrund der höheren Preise für Erdgas im Vergleich zu Kohle und der niedrigen Preise pro emittierter Tonne Kohlendioxid setzte lange kein Wechsel zu CO<sub>2</sub>-ärmerem Gas in der fossilen Stromerzeugung ein. Wegen der gestiegenen Emissionshandelspreise für Kohle wurde 2019 deutlich weniger Kohle verbrannt (-7,6 % an der Bruttostromerzeugung im Vergleich zu 2018). Dagegen stiegen die Anteile von Erdgas (+2,2 %) und von erneuerbaren Energien (+4,8 %) an der Bruttostromerzeugung an. (vgl. Website UBA\_t)

## Photovoltaik (PV)

Eine Photovoltaikanlage wandelt Sonnenlicht, das kostenlos zur Verfügung steht, in elektrischen Strom um. Im Jahr 2018 wurden in Deutschland PV-Anlagen mit einer Nennleistung von 2,81 GW installiert (im Jahr zuvor: 1,66 GW) – Ende 2018 waren bundesweit PV-Anlagen mit einer Nennleistung von 45,9 GW in 1,6 Mio. Anlagen verbaut. Im Jahr 2018 deckte Photovoltaik mit einer Stromerzeugung von 46 TWh etwa 8,7 % des Nettostromverbrauchs in Deutschland. An sonnigen Werktagen kann PV-Strom zu bestimmten Zeiten bis zu 45 % und an Sonn- und Feiertagen bis zu 60 % des Stromverbrauchs abdecken (vgl. ISE 2019: 5). Laut Berechnungen des Umweltbundesamts wurden im Jahr 2017 durch die Nutzung von PV in Deutschland ca. 24 Mio. t Treibhausgasemissionen vermieden (vgl. Umweltbundesamt 2018: 30). Die geografische Lage Deutschlands bietet eine Solarstrahlung von 900 bis 1.200 kWh pro Quadratmeter im Jahr. Je nach Einstrahlung kann ein Quadratmeter eines herkömmlichen PV-Moduls ca. 150 kWh Strom im Jahr liefern, Spitzenmodule ca. 180 kWh. Ein durchschnittlicher Vierpersonenhaushalt verbraucht pro Jahr ca. 4.400 kWh Strom. Dies entspricht dem Jahresertrag einer PV-Anlage mittleren Wirkungsgrads mit einer Fläche von ca. 30 m<sup>2</sup>. Eine weitgehend nach Süden orientierte und mäßig geneigte Dachfläche eines Einfamilienhauses reicht somit bilanziell über das Jahr aus, um mit einer PV-Anlage den Strombedarf einer Familie zu erzeugen. Um den Ertrag zu erhöhen, werden PV-Module häufig mit einer Neigung von 30-40° zur Horizontalen montiert und nach Süden ausgerichtet; allerdings wird zunehmend eine Ost-West-Aufständigung bevorzugt, da dadurch eine höhere Eigennutzung des erzeugten Strom wegen

des passenderen Erzeugungs- und Bedarfsprofils in den Morgen- und Abendstunden erreicht wird. Im verdichteten Wohnungsbau reichen in der Regel die zur Verfügung stehenden Dachflächen im Verhältnis zur Nutzfläche bei Weitem nicht aus, um den Strombedarf der Bewohner zu decken. Die Lebensdauer von PV-Anlagen beträgt mindestens 20 Jahre. (vgl. ISE 2019: 41, 43)

## Kosten und Wirtschaftlichkeit

Eine wirtschaftliche Nutzung von PV ist von komplexen ökonomischen, regulativen und technischen Rahmenbedingungen abhängig. Wegen der in den letzten Jahren stark gesunkenen Preisen von PV-Modulen können je nach Anlage und Rahmenbedingungen trotz deutlich gesunkener Einspeisevergütung immer noch auskömmliche Renditen erreicht werden.

Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme hat in Abhängigkeit der Lage (Süd-/ Norddeutschland), der Größe der Anlage und weiteren Parametern berechnet, wie viel die Erzeugung einer Kilowattstunde Sonnenstrom im Jahr 2018 kostete. In Süddeutschland lagen die Stromgestehungskosten bei einer PV-Kleinanlage zwischen 7,23 und 8,43 ct/ kWh und im sonnenärmeren Norddeutschland zwischen 9,89 und 11,54 ct/ kWh. Diese Ergebnisse sind von der Höhe der spezifischen Investitionskosten abhängig, die zwischen 1.200 und 1.400 €/ kWp angesetzt wurden. Somit lagen die Gestehungskosten deutlich unter dem damaligen durchschnittlichen Strompreis von über 29 ct/ kWh (brutto). Im Vergleich liegen die Gestehungskosten für Braunkohle bei 4,59-7,98 ct/ kWh und für Steinkohle bei 6,27-9,86 ct/ kWh. (vgl. ISE 2018: 15 f.) PV-Anlagen können entweder durch Einspeisung von Strom ins Netz, durch Mieterstrom oder durch den Eigenverbrauch Erträge bringen. Darüber hinaus können PV-Anlagen Wärmepumpen mit regenerativem Strom versorgen und so die Sektoren Strom und Wärme in Wohngebäuden sinnvoll miteinander verzahnen. Bei Systemen ohne Speicher hängt die Wirtschaftlichkeit stark davon ab, inwieweit sich Erzeugung und Verbrauch zeitlich überschneiden. Ohne Speicher kann ein Haushalt je nach Anlagengröße 20-40 % des erzeugten Stroms selber nutzen. Die in Deutschland betriebenen PV-Anlagen befinden sich überwiegend im Eigentum von Privatpersonen, Landwirten und Gewerbebetrieben. Auf die vier großen Kraftwerksbetreiber (RWE, E.on, Vattenfall, EnBW) entfallen nur 0,2 % der PV-Leistung. Dank verlässlicher Wettervoraussagen ist die Erzeugung von Solarstrom mittlerweile gut planbar. Der Ausbau von PV steht allerdings immer mehr im Konflikt mit trägen Großkraftwerken, die aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht oder nur eingeschränkt auf schwankende Bedarfe reagieren können und daher nicht gedrosselt werden, wenn ausreichend PV-Strom vorhanden ist. Dies kann kurzzeitig zu einer deutlichen Überproduktion und hohem Stromexport bei geringen bis negativen Börsenstrompreisen führen. (vgl. ISE 2019: 27)

## Errichtung von PV-Anlagen

In Stadtquartieren haben Gebäudehüllen ein großes Potenzial für die Gewinnung von Sonnenstrom. PV-Module können nicht nur auf Schräg- oder Flachdächern errichtet werden, sondern in verschiedenen Formen in die Gebäudehülle integriert (gebäudeintegrierte Photovoltaik, GIPV) und als architektonisches Gestaltungselement eingesetzt werden. Eine solare Optimierung des Städtebaus und der Gebäude können dabei den Ertrag erhöhen. In städtischen Räumen können zudem auch Lärmschutzwände oder Verkehrsflächen für die Errichtung von PV-Anlagen genutzt werden (vgl. Website Baunetz\_PV; Bohne 2019: 524-529; ISE 2019: 40).



## Projektbeispiel

### Lörrach: Niederfeldplatz

Im Jahr 2013 errichtete die Wohnbau Lörrach eine Wohnanlage mit vier Geschosswohnungsbauten und insgesamt 87 Wohnungen. Auf einem Großteil der Dachflächen und an einer Südfassade wurden PV-Anlagen installiert, die rund 260.000 kWh Strom im Jahr produzieren. Dies entspricht ungefähr dem Bedarf der Wohnbebauung. Die Solarmodule auf dem Dach wurden gestalterisch so untergebracht, dass sie vom Eingangsniveau aus nicht sichtbar sind (vgl. Website Wohnbau Lörrach).

## PV-Anlagen und Gründach

Eine Begrünung von Dächern hat insbesondere in verdichteten Stadträumen viele ökologische Vorteile (z.B. Verbesserung des Klimas, Rückhaltung von Regenwasser). In der Praxis wird die Kombination von Gründächern und PV-Anlagen vor allem wegen möglicher Verschattungen durch die Bepflanzung häufig kontrovers diskutiert. PV-Anlagen können grundsätzlich auch auf Gründächern funktionieren, wenn einige Anforderungen berücksichtigt werden (z.B. Montagehöhen und -abstände, Art des Saatguts). Eine Dachbegrünung kann sich sogar positiv auswirken, da sie die Umgebungstemperatur senkt und somit den Wirkungsgrad der Solarzellen erhöht. Der auf diese Weise erreichbare Kühleffekt kann zu einem Mehrertrag von bis zu 4 % führen – dies deckt allerdings meist nicht die Mehrkosten für die Aufständigung und weiteren Anforderungen in Höhe von etwa 30 %. Um Leistungsverluste zu vermeiden, die wegen der Reihenschaltung von PV-Anlagen schon bei geringfügigen Verschattungen auftreten, muss durch eine entsprechende Pflege der Gründächer gewährleistet sein, dass Pflanzen die PV-Module nicht verschatten. Bei Solarthermieanlagen ist die Problematik der Verschattung nicht so relevant. (vgl. Berliner Energieagentur GmbH 2018: 128 f.)



## Projektbeispiele

### Hamburg: Gründachförderung

Die Stadt Hamburg hat wegen der vielfältigen Vorteile eine Förderung eingeführt, im Rahmen derer bis 2019 drei Millionen Euro für die Errichtung von Gründächern zur Verfügung gestellt und dabei insbesondere die Kombination aus Solarnutzung und Gründach gefördert wurden. (vgl. Behörde für Umwelt und Energie 2018; Website Hamburg\_Gründach).

### Heidelberg: Bahnstadt Heidelberg

Die Stadt Heidelberg verfasste einen Handlungsleitfaden zur extensiven Dachbegrünung mit dem Titel „Heidelberger Dach(g)arten“. Die darin formulierten Anforderungen an Dachbegrünung, die sich auch mit der Kombination von Dachbegrünung und PV-Anlagen beschäftigen, sind Empfehlungen – Ausnahme bildet die Bahnstadt Heidelberg, für die separate Anforderungen getroffen wurden, die infolge einer artenschutzrechtlichen Ausnahmegenehmigung verbindlich eingehalten werden müssen. Im Stadtteil Bahnstadt schreibt der Bebauungsplan vor, dass Flachdächer grundsätzlich zu 66 % extensiv zu begrünen sind und bei der Errichtung von PV-Anlagen eine erhöhte Anzahl an Arten im Saatgut zu verwenden ist. In dem Leitfaden werden speziell für die Bahnstadt bestimmte Anforderungen an die Aufstellung von Solarmodulen formuliert. Beispielsweise darf die Modulfläche maximal ein Viertel der zu begrünenden Fläche betragen. (vgl. Stadt Heidelberg o.J.; Stadt Heidelberg 2019)

### Esslingen: Beschlussvorlage zur Begrünung und Solarisierung von Flachdächern

Im Zuge der Erarbeitung eines Bebauungsplans wurden vom Esslinger Gemeinderat Fragen zum Thema Gründachverpflichtung und Solaranlagen aufgeworfen. Das Stadtplanungsamt erstellte daraufhin eine Beschlussvorlage, um den Sachverhalt zu klären und die künftige Vorgehensweise zu beschließen. Vorgeschlagen wurde seitens der Verwaltung, dass das Pflanzgebot für Dachbegrünung Bestandteil des Festsetzungskatalogs von Bebauungsplänen bleibt und Gründächer mit Solaranlagen kombiniert werden können. Im Einzelfall soll es aber – wie bei dem Projekt Neue Weststadt – bei der Vorlage eines besonders innovativen Energiekonzepts die Möglichkeit geben, von dieser Regel abzuweichen. Die Vorlage wurde im Februar 2019 einstimmig beschlossen. (vgl. Stadt Esslingen 2020)

### Forschungsprojekt der TU Darmstadt und TU Braunschweig

In einem Forschungsprojekt (2012-2013) untersuchten die TU Darmstadt und die TU Braunschweig, wie Gebäudebegrünung und Energiegewinnung kombiniert werden können. Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden in einem umfangreichen Leitfaden für die Praxis zusammengefasst. (siehe TU Darmstadt/ TU Braunschweig 2013)

## Power-to-X

Der ständige Ausbau erneuerbarer Energien kann dazu führen, dass mehr Strom produziert, als benötigt wird, wenn viel Wind weht und die Sonne stark scheint. Ein Problem besteht in diesem Zusammenhang darin, dass der Ausbau des Stromnetzes in vielen Bereichen nicht mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien Schritt halten kann. Aus Gründen der Netzstabilität kann es daher dazu kommen, dass regenerativ erzeugter Strom abgeregelt werden muss. Um erneuerbar erzeugten Strom zu speichern und in anderen Sektoren nutzbar zu machen, kann Strom durch verschiedene Technologien in andere Energieträger umgewandelt werden. Dies wird als Power-to-X bezeichnet. Der erzeugte Strom wird hierbei – unter Einsatz von zusätzlichem Strom – in Wasserstoff oder Methan („Power-to-Gas“) oder in flüssige Kraft- und Rohstoffe („Power-to-Liquid“) umgewandelt und gespeichert oder für Industrieprozesse genutzt. Bei der Umwandlung entstehen aber große Verluste. Erneuerbare Energien

sollten daher möglichst direkt eingesetzt werden. (vgl. BMU 2018: 31, 63; Joos 2019: 127 f.)

Wenn überschüssiger erneuerbarer Strom für die Wärmebereitstellung eingesetzt wird, dann wird von „Power-to-Heat“ gesprochen (Kopplung von Strom- und Wärmesektor, siehe auch S. 69). Auf diese Weise können im Wärmesektor fossile Energieträger und damit Emissionen eingespart werden. Eine effiziente Technologie dafür stellen Wärmepumpen dar, die so aus einer Kilowattstunde erneuerbaren Stroms mehrere Kilowattstunden Wärme erzeugen können. Aktuell kommt Power-to-Heat in Deutschland noch eher selten zur Anwendung – in Fachkreisen wird aber in den nächsten Jahren von einer stärkeren Verbreitung ausgegangen. (vgl. Berliner Energieagentur GmbH 2018: 122 f.)

## Sonstige Energieträger

Neben Photovoltaik gibt es zahlreiche weitere Möglichkeiten, Strom aus regenerativen Energien zu erzeugen. Allerdings sind diese Technologien – z.B. Windkraft (on- und off-shore, Kleinwindkraftanlagen), Wasserkraft (Laufwasserkraftwerk, Speicherwasserkraftwerk), Biomasse für den Betrieb von Kraftwerken – bei der Entwicklung von Stadtquartieren von untergeordneter Bedeutung. Je nach örtlichen Rahmenbedingungen können aber auch solche regenerativen Energiequellen aktiviert werden (siehe z.B. Projektbeispiel in Offenburg). Kleinwindanlagen würden grundsätzlich auch in städtischem Kontext in Frage kommen; allerdings gilt der Betrieb solcher Anlagen derzeit als nicht wirtschaftlich. Eine neue Technologie im Bereich Windkraft nutzt die Aufwinde an Gebäudefassaden. Dies kommt aber nur bei Gebäuden mit mehr als sieben Geschossen in Frage (vgl. Website Enbasa\_a).



### Projektbeispiel

#### Offenburg: Mühlbachareal

Auf einem innerstädtischen Areal direkt am Mühlbach wurde ein CO<sub>2</sub>-neutrales Stadtquartier geplant. Dies soll vor allem dadurch gelingen, dass in der Nähe ein vorhandenes Wasserkraftwerk, das für ca. 250 der 300 Wohnungen Strom liefert, umgebaut wurde und der produzierte Strom dem Quartier zugeschrieben wird. Für die hochwertige Gestaltung des Maschinengebäudes mit einer Kupferfassade steuerte die Stadt 50.000 € bei (vgl. Website Baden\_Online\_a; Website Baden\_online\_b).

## 3.5.5 Sonstige Technologien

### Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Für die Erzeugung von Strom für Stadtquartiere kommen auch Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung in Frage, die

gleichzeitig Strom und Wärme produzieren. Durch die gleichzeitige Umwandlung von Energieträgern in Strom und Wärme können der Energieeinsatz und die Emissionen erheblich gemindert werden (für weitere Ausführungen siehe S. 67-69).

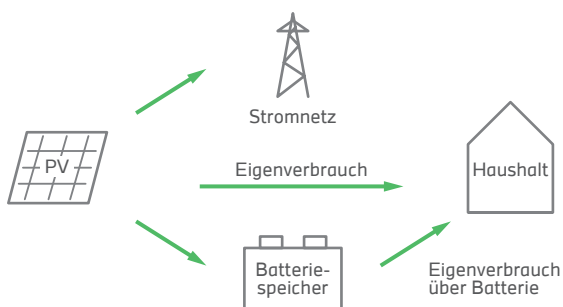
## Stromspeicher

Regenerativ erzeugter Strom wird in Stadtquartieren vorrangig über PV-Anlagen gewonnen und steht somit tagsüber zur Verfügung, wenn Bewohner wenig Strom nachfragen. Für die Entwicklung klimafreundlicher Quartiere kann es daher sinnvoll sein, lokal erzeugten Strom zu speichern, damit er dann verfügbar ist, wenn die Bewohner nach Hause kommen und ihn benötigen. Elektrische Energiespeicher können sowohl Angebotsspitzen (Einspeicherung) als auch Nachfragespitzen (Ausspeicherung) ausgleichen. Anstatt überschüssigen Strom gegen Vergütung ins öffentliche Stromnetz einzuspeisen, kann durch die Speicherung die Wertschöpfung aus der Energieproduktion am Ort gehalten und der Eigenverbrauch des regenerativ erzeugten Stroms erhöht werden. Zudem können Stromspeicher das Stromnetz entlasten und zur Stabilisierung des Netzes beitragen. Trotz der Vorteile werden Stromspeicher allerdings in der Praxis bislang kaum umgesetzt, weil die Investitionskosten und Wirkungsgradverluste sehr hoch sind und somit keine ausreichende Wirtschaftlichkeit erreicht werden kann. Wegen der steigenden Strompreise können möglicherweise Stromspeicher in Zukunft eher wirtschaftlich umgesetzt werden.

In der bereits genannten Studie des Fraunhofer-Institutes für Solare Energiesysteme (Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien siehe S. 43) wurden für PV-Heim Speicher Stromgestehungskosten zwischen 16,34 und 47,34 ct/ kWh (inkl. Stromerzeugung mit PV und Speicherkosten in Lithium-Ionen-Batterie) berechnet. In der Studie wird allerdings darauf hingewiesen, dass PV-Batteriespeicher wegen der steigenden Netzstrompreise und der Mischkalkulation aus direkt verbrauchtem Strom und Stromverkauf unter Umständen selbst bei vergleichsweise hohen Stromgestehungskosten eine wirtschaftliche Investition darstellen können. (vgl. ISE 2018: 22 f.) Grundsätzlich gibt es verschiedene Ausführungen von Stromspeichern – von Kurzzeitspeichern für den Tag- / Nachtausgleich bis hin zu Speichern zum Ausgleich über wenige Tage. Elektrochemische Speicher gibt es als Niedertemperatur-Batterien (z.B. Blei-, Lithium- und Nickel-Batterien), Redoxflow-Batterien oder Hochtemperatur-Batterien (z.B. Natrium-Schwefel-Batterien). Lithium-Ionen-Batterien haben derzeit die höchsten Wachstumsraten und sind mit Wirkungsgradverlusten von ca. 10 % am effizientesten. Stromspeicher kommen bislang vor allem in Einfamilienhäusern zum Einsatz, da

sie dort am ehesten rentabel betrieben werden können. Für Mehrfamilienhäuser wurde im Mieterstromgesetz ausdrücklich die Nutzung von Speichern im Rahmen von Mieterstrom vorgesehen (§ 19 Abs. 3 Satz 5 EEG 2017). Diesen Strom dürfen aber nur Gebäude im sog. „unmittelbaren räumlichem Zusammenhang“ mit dem Gebäude, auf bzw. an dem sich die PV-Anlage befindet, ohne Durchleitung durch das öffentliche Netz beziehen (§ 21 Abs. 3 Satz 2 Nr. 1 EEG). Zunehmend gibt es Überlegungen nicht nur gebäudebezogen, sondern auf der Ebene von Quartieren Stromspeicher einzurichten (Quartierspeicher). Solche Modelle sind aber mit komplexen rechtlichen, regulatorischen und organisatorischen Themenstellungen verbunden und können wegen anfallender Entgelte, Umlagen und Steuern bislang meist nicht wirtschaftlich betrieben werden (vgl. Gährs/ Knoefel/ Cremer 2017: 14-24). Dabei hätten Quartierspeicher im Vergleich zu Einzellösungen zahlreiche Vorteile. Beispielsweise könnten sie durch unterschiedliche Erzeugungs- und Verbrauchsprofile den Nutzungsgrad des lokal erzeugten Stroms erhöhen und zur Stabilisierung von Netzen beitragen (vgl. Giese/ Halstrup/ Ortman 2018: 226 f.). Zudem kann ein Quartierspeicher auch einen sichtbaren gemeinsamen Beitrag zur Energiewende in einem Neubaugebiet leisten, somit den Quartiersbezug stärken und identitätsstiftend wirken (vgl. Gährs/ Hoffmann 2018). Neben der Speicherung von Strom gibt es auch die Möglichkeit, überschüssigen Strom in sog. Stromclouds anzusparen und später wieder abzurufen. Eine Strom-Cloud ist eine Art Stromkonto bzw. virtueller Speicher für kleinere, meistens private Stromerzeuger. Überschüssiger Strom wird in das Stromnetz (Cloud) eingespeist und dem Anlagenbetreiber auf einem Cloudkonto gutgeschrieben. Wenn der selbst produzierte Strom nicht ausreicht, kann der bilanziell eigene PV-Strom vom Cloudanbieter bezogen werden. Dafür sind in der Regel Gebühren zu entrichten. (vgl. Website Energieexperten\_Stromcloud)

Abb. 20: Energieflüsse von Strom aus privaten PV-Aufdachanlagen



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: ISE 2018: 22



## Projektbeispiele

### Mannheim: Strombank der MVV Energie AG

Von Ende 2014 bis Frühjahr 2016 wurde im Mannheimer Stadtteil Rheinau Süd das Forschungsprojekt „Strombank“ durchgeführt. Dabei speisten 18 Haushalte und ein Gewerbebetrieb überschüssigen Strom in einen vor Ort errichteten Batteriespeicher ein. Die Strombank arbeitete als Bindeglied zwischen Erzeugung und Verbrauch, indem die Erzeuger Strom, den sie aktuell nicht selbst benötigen, auf einem Konto eingezahlt und bei Bedarf wieder abgehoben haben. Nach Ablauf des Förderzeitraums wurde das Projekt allerdings nicht weitergeführt. (vgl. Website Sagmeister 2016)

### Mannheim: Franklin

Auf einer Teilfläche des Konversionsprojekts Franklin errichtete die evohaus GmbH 326 Eigentumswohnungen mit hoher Energieeffizienz und möglichst weitreichender Energieautarkie. Unter anderem wurde eine PV-Anlage mit 875 kWp sowie ein Batteriespeicher mit 300 kWh errichtet, um den nicht benötigten Strom zu speichern. Der Batteriespeicher ist modular aufgebaut und wird in das Smart Grid sowie das Energiemanagementsystem der Wohnbebauung integriert. (vgl. Website evohaus esquire)

### Forschungsprojekt: Energiespeicherdienste für smarte Quartiere (Esquire)

Förderung: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Bearbeitung: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung et al., Förderzeitraum: 2017-2020

Das Projekt „ESQUIRE“ untersuchte die sozialen, technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die gemeinschaftliche Nutzung von Quartierspeichern. Ein Ziel bestand darin, einen Lithium-Ionen-Speicher als Quartierspeicher in einem Neubaugebiet in Groß-Umstadt einzubinden sowie Speicherdienstleistungen für Neubaugebiete zusammen mit den Kommunen zu entwickeln. (vgl. Website esquire)

### Groß-Umstadt: Neubaugebiete „Am Umstädter Bruch“

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Flex4Energy“ hat der Energieanbieter ENTEGA gemeinsam mit der Stadt im August 2016 im Neubaugebiet „Am Umstädter Bruch“ einen Quartierspeicher aufgestellt. Die Photovoltaikanlagen auf den Einfamilienhäusern produzieren Strom, der vorrangig für den Eigenverbrauch genutzt wird. Stromüberschüsse werden im zentralen Batteriespeicher gespeichert. Dadurch kann auf Einzellösungen in den Gebäuden verzichtet und durch die gemeinschaftliche Nutzung Vorteile erreicht werden. (vgl. Website Entega)



## Weiterführende Literatur

Gährs, Swantje/ Knoefel, Jan/ Cremer, Noelle 2017: Politische Zielsetzungen und rechtlicher Rahmen für Quartierspeicher – Bestandsaufnahme der aktuellen Rahmenbedingungen und Diskurse, Projekt ESQUIRE, Arbeitspapier, Berlin.

## Lastmanagement und Smart Grids

Eine weitere Möglichkeit, die Stromversorgung zu optimieren und effizienter zu gestalten, liegt im Lastmanagement (oder Demand-Side-Management DSM). Dies kann auch auf der Ebene von Quartieren realisiert werden. Lastmanagement bedeutet eine temporäre Verschiebung des Stromverbrauchs, um die Stromnachfrage zu flexibilisieren und Kosten zu senken. Der Verbrauch wird dynamisch an die schwankende Stromerzeugung angepasst. Beispielsweise gehen stromintensive Haushaltsgeräte genau dann in Betrieb oder Elektroautos werden zu Zeiten geladen, wenn viel Wind- und Solarstrom vorhanden ist. Dafür muss der Verbrauch nicht nur zeitlich verschieb-



bar sein, sondern er muss aufgrund von Marktsignalen auch flexibel und intelligent steuerbar sein. Für die Umsetzung von Lastmanagement sind Voraussetzungen in der Netz- und Verteiltechnik sowie der Informations- und Kommunikationstechnologie sowohl auf der Quartiers- als auch auf der Gebäudeebene erforderlich. Intelligente Messsysteme (Smart Meter) müssen installiert werden, die Daten wie Tarifänderungen empfangen oder Verbräuche senden. Haushaltsgeräte wie Wasch- oder Spülmaschine müssen entsprechend programmierbar sein. Smart meter werden im Idealfall auf Verteilebene in intelligente Stromnetze (Smart Grids) eingebunden, die regelmäßig Verbrauchsdaten kommunizieren. (vgl. ISE 2019: 62)



### Projektbeispiel

#### Wien: Aspern Die Seestadt Wiens

Die Forschungsgesellschaft Aspern Smart City Research (ASCR) startete 2013 ein Forschungsprojekt für nachhaltige und innovative Lösungen zum Thema Energieeffizienz in der Seestadt Aspern. Der neue Stadtteil wird als Testgebiet der Smart City Wien genutzt, um neue Technologien im Echtbetrieb zu testen. Bei dem Projekt wird mit Echtdaten von Nutzern, Gebäuden sowie Energieversorgern geforscht. Alle Gebäude sind mit smart meter und anderen Messinstrumenten ausgestattet. Die Mieter können freiwillig an dem Forschungsprojekt teilnehmen. (vgl. Website Stadt Wien Aspern)

### 3.5.6 Mieterstrom

Da dem Thema Mieterstrom bei der Entwicklung neuer Stadtquartiere eine große Bedeutung zukommt, wird diese Form der Stromversorgung im Folgenden detailliert vorgestellt.

„Als Mieterstrom wird Strom bezeichnet, der in Solaranlagen auf dem Dach eines Wohngebäudes erzeugt und an Letztverbraucher (insbesondere Mieter) in diesem Gebäude oder in Wohngebäuden und Nebenanlagen im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang ohne Netzdurchleitung geliefert wird.“ (Website BMWI\_a) Anstatt den gesamten Strom ins allgemeine Netz einzuspeisen, für den die Vergütung fortlaufend abnimmt, bieten Mieterstrommodelle die Möglichkeit, die vor Ort erzeugte Energie direkt an die Bewohner zu verkaufen. Im Gegensatz zum Strom aus dem Netz entfallen beim Mieterstrom einige Kostenbestandteile wie Netzentgelte, netzseitige Umlagen, Stromsteuer und Konzessionsabgaben. Möglich wurde Mieterstrom erst mit der Liberalisierung des deutschen Strommarkts im Jahr 1998, als die Gebietsmonopole der Stromversorgung aufgehoben wurden. Seither ist gesetzlich verankert, dass Verbraucher ihren Stromanbieter frei wählen können (Hinweis: dies gilt nicht für Fernwärme). Mieterstrom wird auch als Direktstrom oder Vermietetstrom bezeichnet. Mieterstrommodelle sind von Eigenversorgungsmodellen abzugrenzen, die sich dadurch definieren, dass der Betreiber der Erzeugungs-

anlage und der Verbraucher des Stroms identisch sind. Die dezentrale Erzeugung und Nutzung insbesondere von Sonnenstrom gilt als wichtiger Baustein der Energiewende und kann in neuen Stadtquartieren besonders gut umgesetzt werden. In weiten Kreisen der Fachwelt wird Mieterstrom sowohl energie- als auch gesellschaftspolitisch als sinnvoll angesehen. Allerdings handelt es sich bei Mieterstrom um eine komplexe juristische, steuerliche und technische Materie. Bei der Umsetzung sind viele Gesetze und Vorschriften zu beachten, die enge Grenzen setzen und ständigen Änderungen unterworfen sind. Die Lieferung von Mieterstrom unterliegt beispielsweise allen Regelungen des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG). Wenn Wohnungsunternehmen selber als Energieversorger tätig werden möchten, müssen sie zahlreiche Vorgaben berücksichtigen. Viele Wohnungsunternehmen können nicht ohne Weiteres Mieterstrom verkaufen, da wegen komplexer steuerlicher Regelungen die Erzeugung und der Vertrieb von Strom zum Verlust der sog. erweiterten Gewerbesteuerkürzung und somit zu erheblichen finanziellen Nachteilen führen können (vgl. Behr 2017: 55). In der Praxis erfolgt daher häufig die Umsetzung von Mieterstrom unter Einbeziehung geeigneter Energiedienstleister. Dabei sind eine Vielzahl an Modellen denkbar (z.B. Prognos AG/ BH&W 2017: 38-45). Mittlerweile gibt es Anbieter, die sämtliche Aufgaben von der Planung, Finanzierung, Errichtung über die Wartung bis hin zur Vermarktung und den Vertrieb von Mieterstrom übernehmen (z.B. Firmen wie Polarstern).

#### Wirtschaftlichkeit und Mieterstromgesetz für PV-Strom

Die Wirtschaftlichkeit von Mieterstrom wird von den Investitions-, Betriebs- und Umsetzungskosten sowie der Vielzahl an gesetzlichen Vorgaben bestimmt. Wie wirtschaftlich ein Mieterstromprojekt ist, hängt direkt von der Größe der PV-Anlage und von der Teilnahmequote der Mieter ab (vgl. Geißler/ Gustedt 2017: 153).

Um die Wirtschaftlichkeit und die ökologischen Vorteile von Mieterstromprojekten mit wenig Aufwand zu untersuchen, hat das Institut für Solarenergieforschung ein Tool entwickelt, das kostenfrei im Internet abgerufen werden kann (Website ISF).

Am 29.06.2017 wurde das Mieterstromgesetz („Gesetz zur Förderung von Mieterstrom und zur Änderung weiterer Vorschriften des Erneuerbare-Energien-Gesetzes“) verabschiedet, durch das die Profitabilität von PV-Anlagen zur Mieterstromerzeugung verbessert werden sollte. Mit diesem Gesetz wurde im EEG 2017 verankert, dass Betreiber von Solaranlagen bis 100 Kilowatt für den von den Mietern verbrauchten Strom einen sog. Mieterstromzuschlag erhalten. Die Höhe des Zuschlags bemisst sich durch einen Abschlag von 8,5 ct/ kWh von der Einspeisevergütung für Solarstrom. Für Anlagen über 40 kW gilt seit Februar 2019 abweichend ein Abschlagsbetrag von 8,0 ct/ kWh. Beim Inkrafttreten des Mieterstromgesetzes (Juli 2017) lag der Mieterstromzuschlag je nach

Anlagengröße zwischen 2,6 ct/ kWh (100 kW-Anlage) und 3,7 ct/ kWh (Anlagen bis 10 kW). Im Zuge von Absenkungen der Einspeisevergütung nahm der Mieterstromzuschlag stark ab. Der Mieterstromzuschlag ist gemäß § 25 Satz 1 EEG 2017 für die Dauer von 20 Jahren zu zahlen. Insgesamt wurde die Mieterstromförderung auf einen Zubau von 500 MW installierter Leistung pro Jahr begrenzt. Wie für Netzstrom muss auch für Mieterstrom die EEG-Umlage in voller Höhe gezahlt werden.

Das Mieterstromgesetz (§ 42a Abs. 4 EnWG) legt eine Preisobergrenze fest. Der für den Mieterstrom und den zusätzlichen Strombezug zu zahlende Preis darf 90 % des in dem jeweiligen Netzgebiet geltenden Grundversorgungstarifs nicht übersteigen. Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang, dass derzeit beispielsweise bei Vergleichsportalen sehr günstige Strompreise zu finden sind, die weit unterhalb des Grundversorgertarifs liegen. Anbieter von Mieterstrom müssen eine Vollversorgung des Letztverbrauchers auch für die Zeiten gewährleisten, in denen kein Solarstrom zur Verfügung steht. Der restliche Strom muss anderweitig beschafft und zu den gleichen Konditionen geliefert werden. Für den Mieter einer Wohnung besteht Vertragsfreiheit, sodass er sich frei für oder gegen einen Mieterstromvertrag entscheiden kann. Abgesehen von einigen Ausnahmefällen (§ 42a Abs. 2 Satz 5 EnWG) ist es gesetzlich verboten, einen Mieterstromvertrag mit dem Wohnungsmietvertrag zu koppeln. Um Mieter für den lokal erzeugten Strom zu gewinnen, müssen Anbieter also ein möglichst attraktives Angebot unterbreiten. Zudem dürfen Mieterstromverträge nur für eine Laufzeit von maximal einem Jahr abgeschlossen werden und der Vertrag darf sich im Falle einer zu späten Kündigung auch nur für ein Jahr verlängern (§ 42a Abs. 3 EnWG). Darüber hinaus ist in § 42a Abs. 2 Satz 4 EnWG geregelt, dass der Mieterstromvertrag bei der Beendigung eines Mietvertrages mit der Rückgabe der Wohnung endet, auch ohne dass dafür eine ausdrückliche Kündigung notwendig ist.

Um den Mieterstromzuschlag in Anspruch nehmen zu können, müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein, die in § 21 Abs. 3 EEG definiert sind und teilweise auch für die Planung von Quartieren von Relevanz sein können:

- Die installierte Leistung der Solaranlage darf 100 kW nicht überschreiten.
- Bei dem Gebäude, auf, an oder in dem die Solaranlagen installiert sind, muss es sich um ein Wohngebäude handeln. Nach Mieterstromgesetz müssen mindestens 40 % der Fläche des Gebäudes dem Wohnen dienen.
- Der Strom muss innerhalb des Gebäudes oder in Wohngebäuden oder Nebenanlagen im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit diesem Gebäude verbraucht werden.
- Der Mieterstrom darf nicht durch ein Netz der allgemeinen Versorgung geleitet werden, da ansonsten Konzessionsgebühren anfallen (Kundenanlage).

- Mieterstromzuschlag kann nur für den Strom geltend gemacht werden, der an einen Letztverbraucher geliefert wird. Für Strom, den der Betreiber selber verbraucht, gibt es keinen Mieterstromzuschlag.
- Mieterstromzuschlag gibt es nur für Strom aus PV-Anlagen und nicht aus BHKW.

### Vorteile von Mieterstrom

Die Mieter haben die Möglichkeit kostengünstigen Strom direkt aus dem Quartier zu beziehen und so zur Energiewende beizutragen. Angesichts der Tatsache, dass in Deutschland rund 58 % der Haushalte (2018) zur Miete wohnen, stellt der Bereich der Mietwohnungen ein großes Handlungsfeld für die Energiewende dar. Im Vergleich zu Strom aus dem Netz müssen wesentlich weniger Abgaben gezahlt werden. Dadurch, dass Strom in der Nähe der Erzeugung verbraucht wird, können übergeordnete Stromverteilnetze entlastet werden und sich die Errichtung oder der Ausbau von Übertragungsnetzen erübrigen.

Vorteile von Mieterstrom im Überblick:

- kostengünstiger, umweltfreundlicher Strom nicht nur für Eigentümer, sondern auch für Mieter
- dezentrale, regenerative Stromerzeugung unabhängig von großen Stromanbietern
- Nutzung des lokal erzeugten Stroms direkt vor Ort
- je nach Betreibermodell Beteiligung an Stromerzeugung möglich (z.B. Energiegenossenschaft)
- Entlastung von Stromnetzen
- Unabhängigkeit von steigenden Netzstrompreisen

Mieterstrom kann auch für die Eigentümer von Wohngebäuden Vorteile haben. Sie können ihre Immobilien mit einem attraktiven Stromangebot aufwerten. Insbesondere Wohnungsunternehmen, an denen die öffentliche Hand beteiligt ist, können durch Mieterstrom einen Beitrag zum kommunalen Klimaschutz leisten. Durch klimafreundliche Angebote können Wohnungsunternehmen ihr Image verbessern und sich am Markt profilieren. Gerade auch bei den immer öfter stattfindenden Konzeptvergaben von Grundstücken können sich solche Referenzen und Angebote vorteilhaft auswirken. Aber auch für Energieversorger und sonstige Energiedienstleister, die unter großem Konkurrenzdruck stehen, bietet sich die Möglichkeit, weitere Geschäftsfelder zu erschließen und neue Kunden zu gewinnen. Neben der Preisgestaltung benötigt Mieterstrom geeignete Kommunikationskonzepte, bei denen die Vorzüge dieser Art der Stromversorgung herausgestellt werden.

### Aktueller Stand

Mieterstromprojekte entstehen bisher trotz der Förderung und der sinkenden Einspeisevergütung für Strom nur sehr verhalten. Gründe dafür liegen vor allem in den komplizierten Regelungen und den verschiedenen Regu-

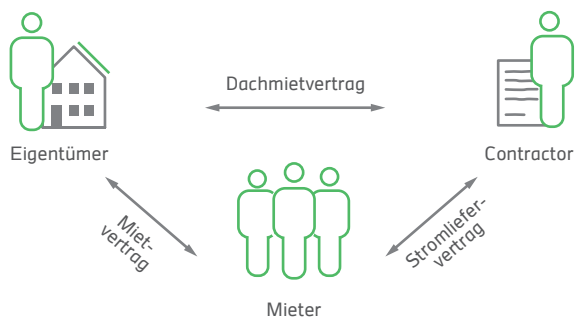
lierungsvorschriften. Mieterstromprojekte erfordern eine umfangreiche Projektorganisation und einen hohen Verwaltungsaufwand. Die vielen Hemmnisse und Unsicherheiten sowie der große Aufwand schrecken Wohnungsunternehmen eher ab, in die dezentrale Stromerzeugung bei ihren Liegenschaften einzusteigen.

2019 wurde der Mieterstromzuschlag in einem vom BMWi in Auftrag gegebenen Mieterstrombericht evaluiert. Zum Zeitpunkt der Erstellung im Juli 2019 waren bei der Bundesnetzagentur 677 PV-Mieterstromanlagen mit einer Leistung von 13,9 MW gemeldet. Im Jahr 2018 wurden 248 Anlagen mit insgesamt 5,3 MW in Betrieb genommen. Die pro Jahr festgelegte Obergrenze von 500 MW wurde somit bei weitem nicht erreicht (vgl. BMWi/ Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg 2019: 42)

### Relevanz für die Planung von Neubaugebieten




Angesichts der vielen Vorteile sollten in Neubaugebieten möglichst viele Bewohner mit vor Ort erzeugtem Strom versorgt werden. Mieter sollten zu günstigen Preisen Strom beziehen können, der im bzw. am Gebäude erzeugt wird. Insbesondere bei Neubaugebieten stehen die Chancen gut, Bewohner im Rahmen des Bezugs der neuen Wohnung für Mieterstrom zu gewinnen. Da der wirtschaftliche Betrieb von PV-Anlagen von vielen Faktoren abhängt, sollten bei der Planung einige Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Um im großem Umfang Mieterstrom erzeugen zu können, sollten Rahmenbedingungen geschaffen werden, damit möglichst große PV-Anlagen installiert werden können. Je nach städtebaulichem Entwurf und energetischem Konzept sollte beispielsweise bei der Festlegung der öffentlichen Verkehrsflächen in einem Neubaugebiet bedacht werden, dass diese bei der Umsetzung von Mieterstromprojekten nicht für die Leitungsführung genutzt werden können (Vermeidung von Konzessionsgebühren).

Abb. 21: Mieterstrommodell mit Contractor



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website BEA Kiezstrom

### Akteure bei Mieterstrommodellen mit Contracting

Akteur	Zuständigkeit	Nutzen
 Eigentümer	Bereitstellung der Dachfläche gegen Mietzins; Zustimmung zur Errichtung einer elektrischen Kundenanlage; Unterstützung bei Vermarktung des PV-Stroms an Mieter	Wertsteigerung und Attraktivitätssteigerung der Immobilie; Unterstützung eines ökologischen und günstigen Stromangebots; Hausstrom aus lokal erzeugtem Ökostrom; Beitrag zur Energiewende
 Contractor	Planung, Finanzierung, Errichtung der Solarstromanlage; Versicherung, Wartung, Instandhaltung der Solarstromanlage; Einspeisung von Überschussstrom/ Zusatzstrombeschaffung; vertragl. Vereinbarung und Errichtung Mietzins an Gebäudeeigentümer; Abwicklung aller Prozesse mit Stromnetzbetreiber, Stromvertrieb an Mieter und Kundenbetreuung	Profilierung als Akteur der Energiewende; Wertschöpfung und Rendite aus Energiewendeprodukt; Beitrag zur Energiewende
 Mieter	Abschluss eines Stromlieferungsvertrags mit Contractor	Dauerhaft günstiger Strompreis; Bezug lokal erzeugten Ökostroms; Beitrag zur Energiewende

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website BEA Kiezstrom

### Projektbeispiele

#### Berlin: Möckernkiez

Die Wohnungsbaugenossenschaft Möckernkiez eG griff auf die Naturstrom AG als Energiepartner zurück, um ihren Mietern vor Ort produzierten Strom anbieten zu können. Wegen finanzieller Schwierigkeiten der Genossenschaft wurde es erforderlich, durch die Auslagerung der Energieversorgung Investitionskosten zu reduzieren. Da wegen rechtlicher Vorgaben ein eigenes Stromnetz als Kundenanlage nur bis etwa 140 Wohneinheiten errichtet werden durfte, musste das Stromnetz ausgeschrieben werden. Es wurde schließlich von einem anderen Unternehmen (Stromnetz Berlin) errichtet (vgl. Website Enbausa\_Möckernkiez; siehe weitere Ausführungen S. 69).

#### Bremerhaven: STÄWOG

Das kommunale Wohnungsunternehmen STÄWOG hat bereits im Jahr 2007 ein erstes Mieterstromprojekt realisiert. Als Preisverhandlungen mit einem Fernwärmelieferanten zu keinem befriedigenden Ergebnis führten, prüfte die STÄWOG, ob es nicht günstiger ist, selbst in die Energieproduktion einzusteigen. In der Folge wurde das Tochterunternehmen STÄWOG Service GmbH (STÄSERVICE) gegründet, das bei einigen Projekten Mieterstrom aus Solaranlagen und/ oder BHKW anbietet. Die STÄSERVICE liefert Strom an Letztverbraucher und ist als Energieunternehmen bei der Bundesnetzagentur registriert. (vgl. Lückehe/ Kluck/ Großklos 2017: 167-169)

#### München: Baugemeinschaften im Domagkpark

Die NATURSTROM AG beliefert vier Wohngebäude von Bauherrengemeinschaften im Domagkpark mit Mieterstrom aus PV-Anlagen. Der Sonnenstrom wird direkt über das Hausnetz an 50 Wohnparteien geliefert. Auf diese Weise können etwa 30 Prozent des Bedarfs gedeckt werden. Wenn der Strombedarf die Produktion der Solaranlagen übersteigt, erfolgt die Versorgung über Ökostrom aus dem öffentlichen Netz. Die PV-Anlagen sind so dimensioniert, dass je nach Haus zwischen 70 und 98 % des erzeugten Stroms direkt verbraucht werden können. (vgl. Website Naturstrom\_Domagkpark)



## Weiterführende Literatur

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2017: Das Mieterstromgesetz – Ein erster Überblick. Der neue Rechtsrahmen für PV-Mieterstrommodelle. Anwendungshilfe, Berlin, 25. Juli 2017

Behr, Iris/ Großklos, Marc (Hg.) 2017: Praxishandbuch Mieterstrom. Fakten, Argumente, Strategien. Wiesbaden.

BMW (Hg.)/ Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg 2019: Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz. Teilvorhaben II c: Solare Strahlungsenergie. Teilbericht Mieterstrom. Juli 2019.

Bundesgesetzblatt 2017: Gesetz zur Förderung von Mieterstrom und zur Änderung weiterer Vorschriften des Erneuerbare-Energien-Gesetzes vom 17. Juni 2017. S. 2532-2539; Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 49, ausgegeben zu Bonn am 24. Juni 2017

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie o.J.: Eckpunktepapier Mieterstrom. Online abrufbar: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunktemieterstrom.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunktemieterstrom.pdf?__blob=publicationFile&v=8) (Zugriff am 13.06.2019)

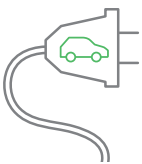
Bundesnetzagentur 2017: Hinweis zum Mieterstromzuschlag als eine Sonderform der EEG-Förderung. Hinweis 2017/3. 20. Dezember 2017. Bonn.

GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. (Hg.) 2013: Wohnungsunternehmen als Energieerzeuger. Bedeutung, Möglichkeiten, wirtschaftliche und rechtlichen Rahmenbedingungen. GdW Arbeitshilfe 71. Berlin

IWU Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) 2015: Möglichkeiten der Wohnungswirtschaft zum Einstieg in die Erzeugung und Vermarktung elektrischer Energie. Endbericht. Forschungsinitiative Zukunft-BAU. Darmstadt

Prognos AG/ BH&W Boos Hummel & Wegerich 2017: Mieterstrom. Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM), Projekt Nr. 17/16 – Fachlos 9 03MAP342. Schlussbericht. Berlin

## 3.5.7 Elektromobilität



Elektromobilität gilt als wichtiger Bestandteil für eine klima- und umweltfreundliche, ressourcenschonende und effiziente Mobilität und sollte daher bei der Planung von Baugebieten frühzeitig

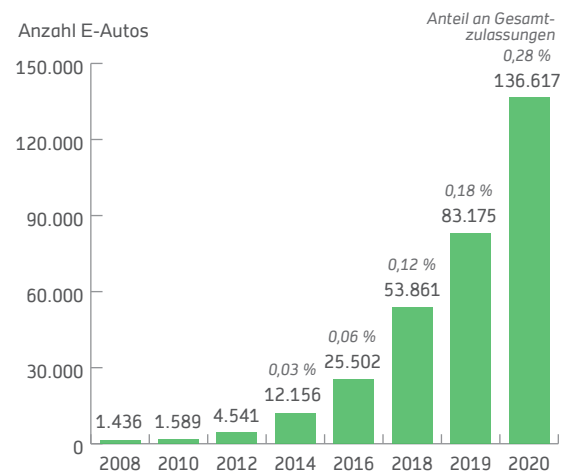
berücksichtigt werden. Ergänzend zum primären Ziel, den MIV zu minimieren, ist es von großer Bedeutung, den verbleibenden MIV möglichst emissionsfrei abzuwickeln. Der Verkehrssektor ist der zweitgrößte Verbraucher von Energie in Deutschland. Der Pkw-Verkehr basiert bisher weitgehend auf fossilen Energiequellen. Bei der Verbrennung von einem Liter Benzin entstehen 2,3 kg Kohlendioxid und von Diesel 2,6 kg. Dazu kommen weitere Luftschadstoffe, wie Feinstaub und Stickoxide. Angesichts der Tatsache, dass eine Person in Deutschland durchschnittlich nur an 20 % der Tage eines Jahres mehr als 40 km fährt und ein Durchschnittsauto nur eine Stunde am Tag genutzt wird, können für die meisten Wege problemlos Elektroautos genutzt werden (vgl. Website BMU). Eine vom Umweltbundesamt (UBA) in Auftrag gegebene Studie kam zum Ergebnis, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Elektrofahrzeugen (Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von der Herstellung bis zur Entsorgung, unter Berücksichtigung des geltenden Strommixes in Deutsch-

land) um 16-27 % geringer ausfallen als bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Der ständig zunehmende Anteil erneuerbarer Energien am Strommix führt zu immer geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen und damit zu einem immer größer werdenden Klimavorteil von Elektrofahrzeugen (vgl. ifeu/ UBA 2016).

### Verbreitung

In den Elektroautos befinden sich Batterien als elektro-chemische Energiespeicher, in Hybridfahrzeugen gibt es zusätzlich einen Verbrennungsmotor. Am 01.01.2020 waren in Deutschland 136.617 Elektroautos und 539.383 Hybridautos (darunter 102.175 Plug-in-Hybride) zugelassen. Damit waren nur 0,3 % aller in Deutschland zugelassener Pkw rein elektrisch betrieben. Im Vergleich zum Vorjahr nahm die Zahl der Elektrofahrzeuge allerdings um über 64 % zu. Bezogen auf die jährlichen Zulassungen handelte es sich 2018 nur bei 1,8 % aller Neuzulassungen um Elektroautos (vgl. Website KBA). Dabei setzte sich die Bundesregierung 2010 das Ziel, bis zum Jahr 2020 eine Million E-Autos (Elektro- und Hybridautos) in Deutschland zuzulassen. Dieses Ziel wird deutlich verfehlt. Um die Elektromobilität zu fördern, beschloss die Bundesregierung zuletzt einige Fördermaßnahmen und verbesserte verschiedene Rahmenbedingungen (z.B. Kaufprämie für Elektroautos als Umweltbonus, Ausbau der Infrastruktur, Elektromobilitätsgesetz) (vgl. Nationale Plattform Elektromobilität 2018: 8 f.).

Abb. 22: Anzahl der Elektroautos in Deutschland



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website KBA

Auch auf EU-Ebene wurden Vorgaben zur Förderung der Elektromobilität auf den Weg gebracht. Bei der Änderung der EU-Richtlinie über die Gesamteffizienz von Gebäuden im Jahr 2018 wurde in Artikel 8 eingeführt, dass bei neuen Wohngebäuden oder bei größeren Renovierungen von Wohnungen mit mehr als zehn Stellplätzen die Miet-

gliedstaaten dafür Sorge zu tragen haben, dass für jeden Stellplatz die Leitungsinfrastruktur (Schutzrohre für Elektrokabel) errichtet wird, um den späteren Einbau von Ladepunkten zu ermöglichen. Dies muss allerdings nur geschehen, wenn sich der Stellplatz innerhalb des Gebäudes befindet oder direkt an das Gebäude angrenzt (vgl. Amtsblatt der Europäischen Union 2018: L 156/84).

### Ladeinfrastruktur

Es gibt verschiedene Arten von Ladepunkten mit unterschiedlichen Ladeleistungen. Grundsätzlich kann zwischen Schnellladestationen und konventionellen Ladestationen unterschieden werden. Ladevorgänge mit bis zu 22 kW werden als Normalladen klassifiziert, Ladevorgänge mit höheren Leistungen als Schnellladen. Ein zentrales Problem der Elektromobilität liegt im Vergleich zum herkömmlichen Tanken in der langen Ladezeit und der bislang mangelhaft ausgebauten Ladeinfrastruktur. Ladeinfrastruktur muss dort errichtet werden, wo lange geparkt wird. Da beim Laden von Elektroautos über mehrere Stunden sehr hohe Leistungen abgerufen werden, muss die Strominfrastruktur entsprechend ausgelegt werden. Die Leistung eines klassischen Hausanschlusses und des lokalen Stromnetzes kann schon bei einer geringen Zahl an Elektrofahrzeugen, die gleichzeitig laden, überschritten werden. Um Überlastungen zu vermeiden, sollte bei der Dimensionierung von Installationen frühzeitig geprüft werden, welcher Bedarf künftig entstehen könnte. Eine von Anfang an großzügige Auslegung der Zuleitungen, Verteiler und sonstigen Bauteile kann hohe Folgekosten einer späteren Nach- bzw. Umrüstung vermeiden (vgl. DKE/AK EMOBILITY.60 2016: 15 f.). Es gibt verschiedene Möglichkeiten, in einem Quartier die notwendige Ladeleistung abzuschätzen. Für die überschlägige Berechnung des Strombedarfs kann z.B. zunächst eine Annahme getroffen werden, wie viele Haushalte im Quartier ein E-Auto besitzen werden. In der Literatur wird häufig eine Fahrleistung von 10.000 km/a pro Haushalt angenommen. Für jeden Kilometer kann ein Strombedarf von 0,2 kWh/km zu Grunde gelegt werden, sodass jährlich 200 kWh pro Wohneinheit angesetzt werden können. Alternativ oder ergänzend zu einer Verstärkung des Netzanschlusses kann auch Lastmanagement eingesetzt werden, um verschiedene Parameter beim Ladevorgang (z.B. Maximalleistung, Priorisierung der Ladevorgänge) zu beeinflussen. Gerade bei Gebäuden mit mehreren Nutzern wie z.B. Tiefgaragen bei Wohngebäuden ist ein Lastmanagement empfehlenswert, da so durch eine Herabsetzung des sog. Gleichzeitigkeitsfaktors eine teure Überdimensionierung des Netzanschlusses und der Elektroinstallation vermieden werden kann (vgl. DKE/AK EMOBILITY.60 2016: 13 f.). Bei Vorliegen entsprechender technischer Voraussetzungen können sogar Elektroautos selber für das Lastmanagement genutzt werden. Elektroautos, die mit dem Netz verbunden sind und nicht durchgängig die volle Reichweite vorhalten müssen, können als

Stromspeicher genutzt werden (bidirektionales Laden) und so im Gegensatz zu Autos mit Verbrennungsmotoren auch im Stand einen wirtschaftlichen Nutzen bringen – zumal ein Auto durchschnittlich 23 Stunden am Tag steht. Elektromobilität ist aber nur wirklich sinnvoll, wenn der benötigte Strom aus regenerativen Quellen und nicht aus Atom- oder Kohlekraftwerken stammt. Um PV-Strom tanken zu können (z.B. als Mieterstrom), müssen an den im Alltag häufig genutzten Ladepunkten (z.B. Wohnung, Arbeitsplatz, Parkhäuser) entsprechende Stromerzeugungsanlagen zur Verfügung stehen. Dies gilt es bei der Planung neuer Stadtquartiere frühzeitig zu berücksichtigen. Die Ladestationen können entweder bei privaten Stellplätzen oder im öffentlichen Raum errichtet werden. Im Neubau können bei Stellplätzen lediglich Leerrohre oder bereits die entsprechenden Leitungen eingebaut werden. Bei der letzteren Variante stellt sich gerade beim unter Kostendruck stehenden Mietwohnungsbau die Frage, für welche Zahl an Stellplätzen dies wirtschaftlich darstellbar ist. Zudem hängt die Organisation der Ladeinfrastruktur auch davon ab, welches Parkierungskonzept bei der Entwicklung eines Neubaugebiets umgesetzt wird (z.B. Quartiersgaragen). (vgl. Berliner Energieagentur GmbH 2018: 126)

Da die hohen erforderlichen Lasten auch dazu führen können, dass ohnehin schon unansehnliche Trafostationen hinsichtlich ihrer Zahl oder Ausmaße noch größer ausfallen, sollten diese Infrastruktureinrichtungen zur Vermeidung von städtebaulichen Beeinträchtigungen frühzeitig bei der Planung von Quartieren berücksichtigt werden. Zusammenfassend sollte wegen der wachsenden Bedeutung der Elektromobilität bei der Entwicklung neuer Baugebiete die Ladeinfrastruktur möglichst früh geplant und Rahmenbedingungen geschaffen werden, damit möglichst viel Strom regenerativ vor Ort erzeugt werden kann.



### Weiterführende Literatur

Dickhaut, Wolfgang (Hg.)/ Zengerling, Cathrin 2018: Integration von Elektromobilität in Neubau und Bestand – Kommunale Steuerungsinstrumente zur Aktivierung privater Flächen Teilbericht D der Wissenschaftlichen Begleitforschung im Bundesförderprojekt „e Quartier Hamburg“. HafenCity Universität Hamburg (HCU). Hamburg

Difu Deutsches Institut für Urbanistik 2015: Elektromobilität in der kommunalen Umsetzung. Kommunale Strategien und planerische Instrumente. Berlin

Kampker, Achim/ Vallée, Dirk/ Schnettler, Armin (Hg.) 2013: Elektromobilität. Grundlagen einer Zukunftstechnologie. 2. Auflage

Schatzinger, Susanne/ Rose, Hannes/ HafenCity Hamburg GmbH (Hg.) 2013: Praxisleitfaden Elektromobilität. Hinweise für Bauherren, Architekten und Ingenieure zum Ausbau elektrifizierter Infrastrukturen in der HafenCity. Hamburg

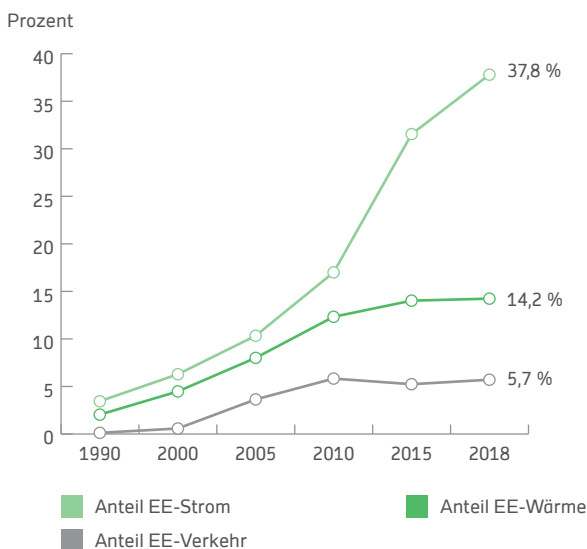
## 3.6 WÄRMEVERSORGUNG VON QUARTIEREN

### 3.6.1 Rahmenbedingungen und Zahlen

#### Energiewende auch bei der Wärmeversorgung

Im Vergleich zum Strom wird der Wärmesektor bei der Energiewende bisher wenig berücksichtigt. Bei der Wärmeversorgung liegt der Fokus derzeit auf dem Dämmstandard und der Gebäudeeffizienz – d.h. der größtmöglichen Minimierung des Wärmebedarfs. Veränderungen bei der Art der Energieträger sind bislang eher weniger Gegenstand der Diskussion. Verglichen mit Strom ist daher die Einbindung von erneuerbaren Energien in die Wärmeversorgung deutlich weniger weit fortgeschritten. Im Jahr 2018 lag der Anteil der erneuerbaren Energien am Wärmeverbrauch lediglich bei 14,2 %. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch lag im Vergleich dazu mit 37,8 % deutlich höher. Feste Biomasse (v.a. Holz) nimmt den bedeutendsten Anteil an der erneuerbaren Wärmebereitstellung ein, gefolgt von Biogas sowie Geothermie und Umweltwärme. Eine Herausforderung bei der Wärmeversorgung besteht darin, dass der Endenergieverbrauch für Raumwärme – wie auch die Verfügbarkeit vieler regenerativen Energien – stark von der Witterung abhängig ist und daher großen Schwankungen unterworfen ist (vgl. Website UBA\_EE).

Abb. 23: Anteil erneuerbare Energien am Bruttostromverbrauch, am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte, sowie am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor

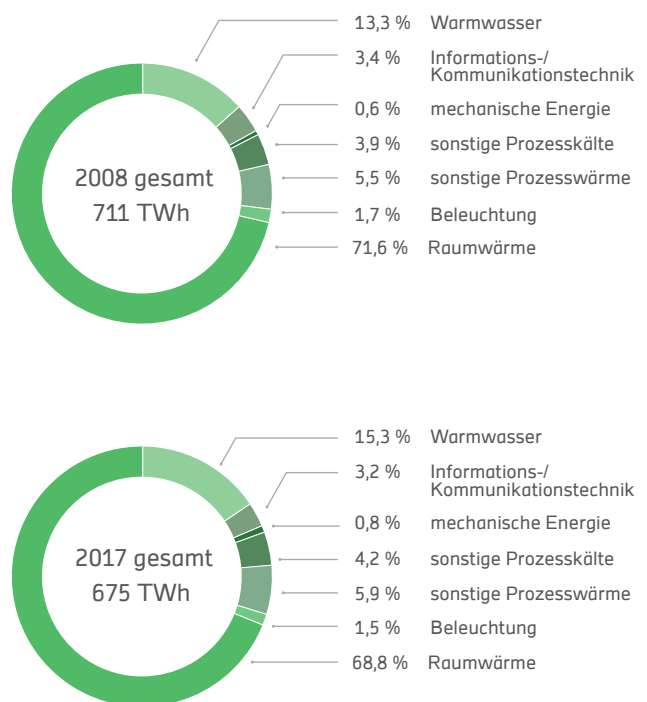


Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA\_u

#### Wärmebedarf von privaten Haushalten

Wie bereits in Kap. 3.1 beschrieben entfällt etwa ein Viertel des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland auf private Haushalte (ohne Verkehrssektor). Von ihrem Endenergieverbrauch benötigen Haushalte etwa 68,8 % für Raumwärme und 15,3 % für Warmwasser. Die restlichen 15,9 % entfallen auf Strom (v.a. sonstige Prozesswärme und -kälte, Beleuchtung). Eine Reduzierung der benötigten Endenergie für Raumwärme würde somit weitaus stärker zur Energieeinsparung beitragen als das stark propagierte Stromsparen. (vgl. Website UBA\_b)

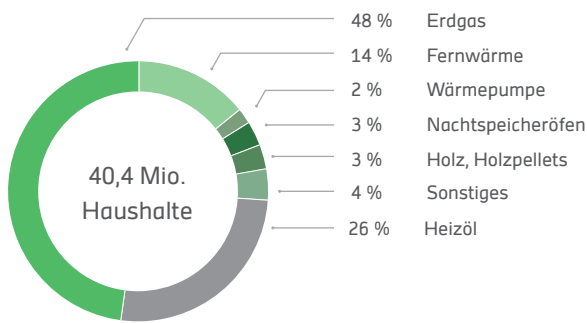
Abb. 24: Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte 2008 und 2017 (ohne Verkehr)



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA\_v

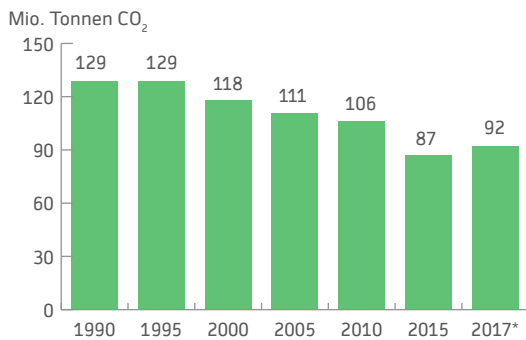
Für die Beheizung werden in Deutschland zur Zeit am häufigsten Erdgas (48 %) und Heizöl (26 %) genutzt. An dritter Stelle folgt Fernwärme (vgl. Website CO2online\_FW). Die direkten Treibhausgasemissionen privater Haushalte sinken, da sich der Energieträgermix seit 1990 zugunsten von Brennstoffen mit geringeren Kohlendioxid-Emissionen und erneuerbaren Energien verschob. Die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen von Feuerungsanlagen privater Haushalte beliefen sich im Jahr 2019 auf 92 Mio. t Kohlendioxid. (vgl. Website UBA\_g)

Abb. 25: Heizenergieträger und Heizsysteme aller Haushalte in Deutschland 2019



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website CO2online\_FW

Abb. 26: direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen von Feuerungsanlagen der privaten Haushalte



\* vorläufige Angabe

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA\_f

Im Zeitraum von 1990 bis 2017 fiel der Endenergieverbrauch in den Haushalten – ohne Kraftstoffverbrauch – lediglich um 1,5 %. Insbesondere der Trend zu mehr und kleineren Haushalten und zu größeren Wohnflächen führt zu einem höheren Energieverbrauch. Diese gesellschaftlichen Entwicklungen wirken den immer besseren energetischen Standards bei Neubauten und der Sanierung von Altbauten entgegen. Wird die durchschnittliche Treibhausgasbilanz eines deutschen Bürgers betrachtet, zeigt sich, dass 14 % seiner jährlichen Treibhausgasemissionen auf die Heizung entfallen (vgl. BMU 2019a: 53).

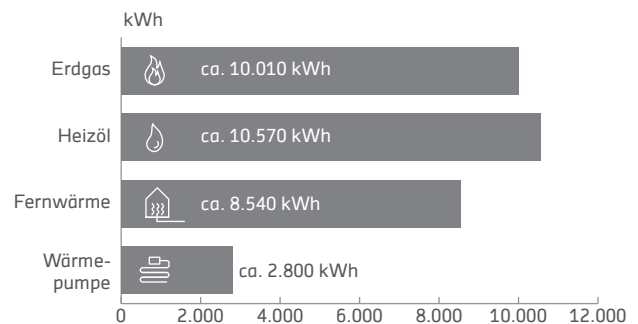
### Durchschnittliche Kosten für die Wärmeversorgung

Im Jahr 2017 gab ein Haushalt im Durchschnitt 918 € für Raumwärme und Trinkwarmwasser aus. Die jährliche Ausgabe für Wärme pro m<sup>2</sup> Wohnfläche belief sich auf 9,94 € (vgl. BMWi 2019b: Tabelle 28). Der Heizspiegel, der bundesweite Vergleichswerte für Heizkosten und Heizenergieverbrauch bietet, zeigt bei der Betrachtung einer 70 m<sup>2</sup> großen Wohnung in einem Mehrfamilienhaus deutliche Kostenunterschiede zwischen den verschiedenen Energieträgern. Im Durchschnitt fiel im Jahr 2018 die

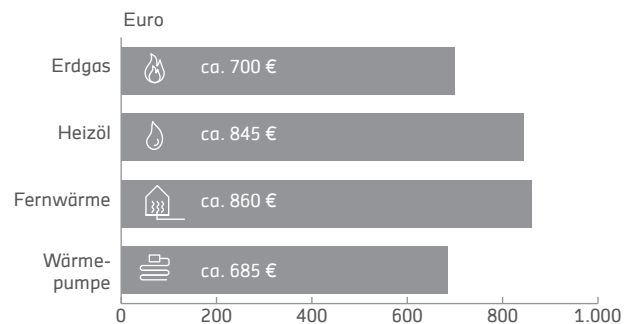
Beheizung mit Fernwärme am teuersten aus, während eine Wärmepumpenversorgung die geringsten Kosten aufweist. In Bezug auf die Menge an benötigter Energie wird für die Beheizung der Wohnung etwa 10.000 kWh Erdgas verbraucht, während nur 8.540 kWh bei Fernwärme oder 2.800 kWh für eine Wärmepumpenversorgung erforderlich sind. Werden dann noch die CO<sub>2</sub>-Äquivalente betrachtet, zeigt sich, dass Wärmepumpen mit Abstand den geringsten CO<sub>2</sub>-Ausstoß aufweisen (ca. 475 kg), während Heizöl etwa sieben Mal und Erdgas etwa fünf Mal so viel CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen.

Abb. 27: Vergleiche für eine durchschnittliche 70 m<sup>2</sup> große Wohnung in einem Mehrfamilienhaus (2018)

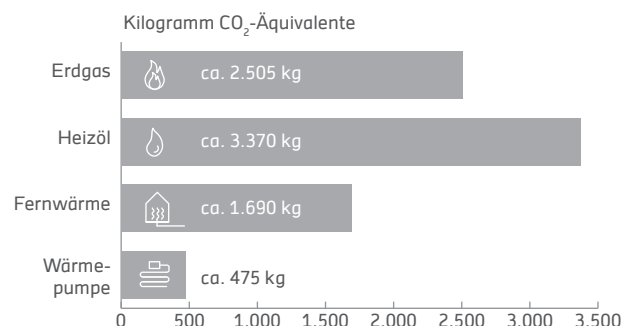
### Verbrauch pro Jahr



### Kosten pro Jahr

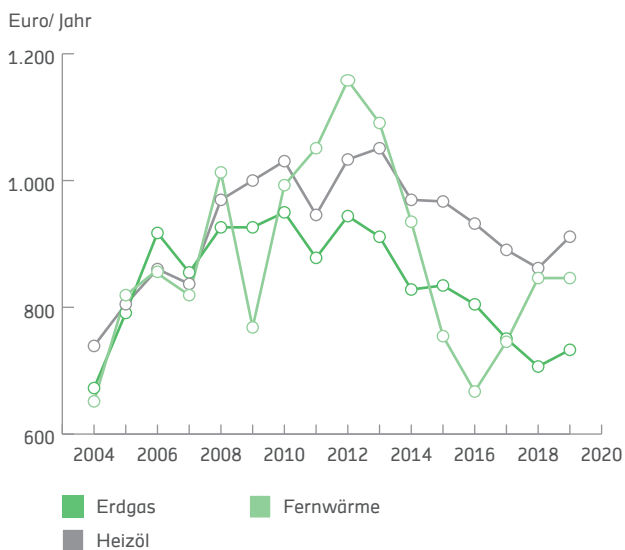


### Emissionen pro Jahr



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website Heizspiegel

Abb. 28: Entwicklung der Heizkosten in Deutschland



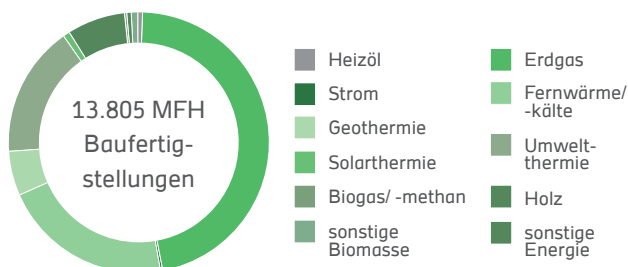
Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website CO2online

### Energiearten im Wohnungsneubau

Im Zuge der Meldung von Baufertigstellungen wird standardmäßig auch die Art der Energiequelle für die Heizung und das Trinkwarmwasser erfasst. Die Auswertung für das Jahr 2018 zeigte, dass 66,6 % aller neu errichteten Wohngebäude mit erneuerbaren Energien als primäre oder sekundäre Quelle beheizt werden. In fast der Hälfte (47,2 %) der neuen Wohngebäude waren erneuerbare Energien die primäre, also die überwiegend eingesetzte Energiequelle. Gas wurde 2018 nur noch in 43 % der Wohnungsneubauten als primäre Energiequelle verwendet. 2018 haben die erneuerbaren Energien damit erstmals Gas von Platz 1 bei den primären Energiequellen für das Heizen verdrängt. Werden allerdings nur die fertiggestellten Wohngebäude mit mehr als zwei Wohnungen (d.h. Mehrfamilienhäuser) betrachtet, dann zeigt sich, dass bei diesem Gebäudetyp weiterhin am häufigsten Gas als primäre Energiequelle zur Beheizung verwendet wird (46 % der fertiggestellten MFH). Auf Fernwärme entfiel ein Anteil von 21 % und auf regenerative Energiearten rund 31 %. In weiteren 26 % der fertiggestellten Mehrfamilienhäuser wurden regenerative Energiearten als sekundäre Energiequelle für die Raumwärme eingesetzt. Die Auswertung lässt deutlich erkennen, dass im Vergleich zu Ein- und Zweifamilienhäusern in Mehrfamilienhäusern regenerative Energien deutlich seltener als primäre Energieart zum Einsatz kommen (EZFH: 50 %, MFH: 31 %). Allerdings lässt sich in den letzten Jahren ein ständiger Anstieg dieses Anteils feststellen. Werden Mehrfamilienhäuser primär mit erneuerbaren Energien beheizt, so geschieht dies vor allem mit Umweltthermieanlagen (53 %), die Wärme aus der Luft oder dem Wasser entziehen, mit Holz betriebenen Heizungen (24 %) oder Geothermieanlagen (18 %), die Wärme im Erdinneren

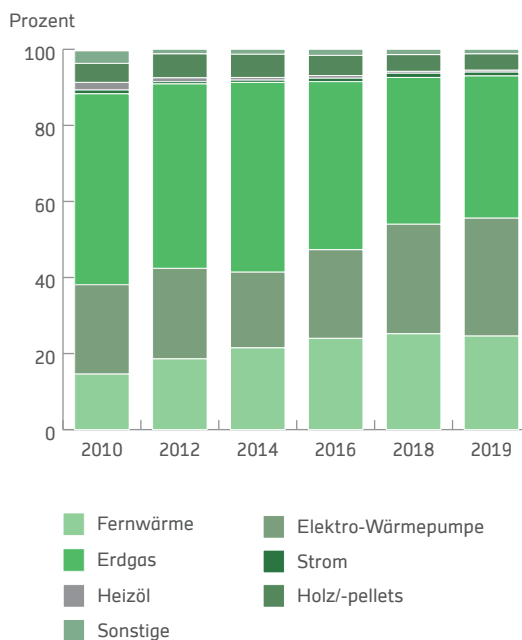
nutzen. Wird in einem neuen Mehrfamilienhaus eine sekundäre erneuerbare Energiequelle eingesetzt, wird mit Abstand am häufigsten Solarthermie (56 %) genutzt. (vgl. Website Destatis\_a; Website Destatis\_b)

Abb. 29: zur Heizung verwendete primäre Energien in fertiggestellten Mehrfamilienhäusern (Wohngebäude) (2018)



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website Destatis

Abb. 30: Entwicklung der Beheizungsstruktur im Wohnungsneubau (Wohneinheiten in EZFH und MFH) in Deutschland



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website BDEW

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Art und Weise, wie Wohnungen mit Wärme versorgt werden, von großer Bedeutung ist, um die Treibhausgasemissionen von neuen Stadtquartieren zu reduzieren. Angesichts der aufgezeigten Zahlen und Rahmenbedingungen ist es wichtig, bei der Entwicklung neuer Stadtquartiere Konzepte nicht nur für eine möglichst klimafreundliche und effiziente Versorgung mit Strom, sondern auch mit Wärme zu erarbeiten.



### 3.6.2 Heizwärmebedarf von Quartieren

#### Wärmeversorgung

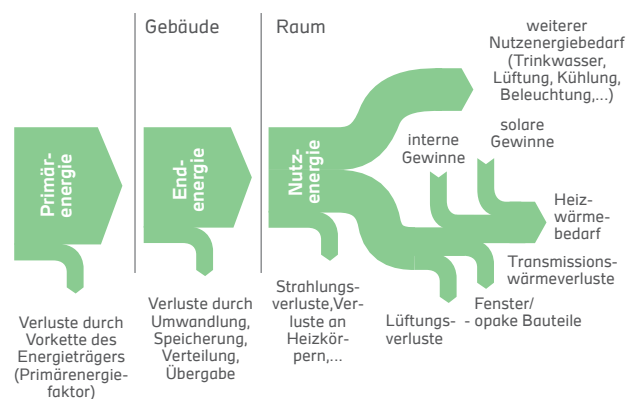
Es gehört in Deutschland nicht zu den Pflichtaufgaben von Kommunen die Wärmeversorgung von Städten oder Quartieren zu planen. Anders ist dies beispielsweise in Dänemark. Dort sind die Kommunen seit 1979 gesetzlich dazu verpflichtet. Dennoch können und sollten sich hierzulande Städte angesichts des großen Energiebedarfs von Bebauungen und den damit verbundenen Potenzialen für den Klimaschutz intensiv mit der Frage beschäftigen, wie neue Baugebiete möglichst CO<sub>2</sub>-arm mit Wärme versorgt werden können. In der Praxis entscheidet bislang häufig der lokale Energieversorger weitgehend eigennützig, welche Versorgungsleitungen in einem neuen Baugebiet verlegt werden (z.B. Gas). Wenn keine übergeordneten Konzepte mit entsprechenden Verpflichtungen (z.B. Anschlusszwang) vorliegen, erfolgt die Wärmeversorgung in neuen Baugebieten üblicherweise durch individuelle und somit unkoordinierte Investitionsentscheidungen der einzelnen Bauherren. Allerdings sind Bauherren dabei nicht völlig frei. Auf Grund der Vorschriften des EEWärmeG muss zumindest ein gewisser Teil der Wärme und Kälte regenerativ erzeugt werden (15-50 %, abhängig von der eingesetzten Technologie, § 3 Abs. 1, § 5 EEWärmeG). Der Geltungsbereich der Nutzungspflicht ist gemäß § 4 EEWärmeG jedoch eingeschränkt und umfasst nicht alle Gebäude; darüber hinaus eröffnet § 7 EEWärmeG die Option, die Verpflichtung durch bestimmte Ersatzmaßnahmen zu erfüllen, und § 9 EEWärmeG erlaubt Ausnahmen in wenigen Fällen (siehe S. 25 f.). Darüber hinaus begrenzt die EnEV zum einen den Energiebedarf von Neubauten und bewertet zum anderen den verbleibenden Energiebedarf primärenergetisch, indem die durch Gewinnung, Umwandlung und Transport des jeweiligen Energieträgers entstehenden Verluste mittels des Primärenergiefaktors in die Energiebilanz des Gebäudes einfließen.

Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes resultiert aus den Wärmeverlusten über die Gebäudehülle und durch Lüftung sowie aus den Wärmegewinnen über solare Einstrahlung, über Körperwärme von Personen und über Abwärme von Elektrogeräten. In der Regel wird für die Bereitstellung von Heizwärme ein Primärenergieträger benötigt, der dem Gebäude zugeführt und in Endenergie umgewandelt wird. Dieser wird wiederum als Nutzenergie den verschiedenen Räumen zugeführt. Sowohl bei der Umwandlung der Primärenergie in Endenergie als auch bei der Verteilung der Nutzenergie entstehen Verluste (vgl. Ritzenhoff 2016: 33).

Der Heizwärmebedarf von Wohngebäuden hängt von verschiedenen baulichen Faktoren ab. Neben dem Dämmstandard wirken sich der Gebäudetyp (freistehendes oder angebautes Gebäude), die Geometrie des Baukörpers/ Bauform (A/V-Verhältnis), Größe und Lage der Fenster

(passive Solargewinne), das Nutzerverhalten sowie die Witterung auf den Heizwärmebedarf aus. Je besser das Gebäude gedämmt ist, umso weniger Energie ist für die Beheizung erforderlich. Neu errichtete Gebäude haben den Vorteil, dass sie wegen der hohen Energiestandards und den häufig installierten Flächenheizungen mit niedrigen Systemtemperaturen versorgt werden können. Der geringe Raumwärmebedarf sollte durch einen möglichst hohen Anteil regenerativer Energien gedeckt werden.

Abb. 31: Energieflussdiagramm nach EnEV



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung Website BYAK; Bohne 2019: 201

#### Gebäudeenergiestandard und Energieträger

Welchen Energiestandard Bauherren realisieren, hängt einerseits von den verschiedenen bereits erwähnten Vorschriften und andererseits von unternehmerischen Entscheidungen ab. Es gibt aber auch Städte, die beim Verkauf stadteigener Grundstücke einen bestimmten Energiestandard für Neubauten vorschreiben (z.B. Frankfurt am Main, Freiburg im Breisgau). In der Fachwelt wird seit geraumer Zeit die Frage diskutiert, ob es wirtschaftlich sinnvoll ist, die Klimaschutzziele im Gebäudesektor angesichts der hohen Baukosten nur über Effizienzmaßnahmen umzusetzen, oder ob es möglicherweise zielführender ist, statt strengerer Anforderungen an die Gebäude mehr erneuerbare Energien in die Wärmeversorgung einzubinden (z.B. Müller/ Pfnür 2016). Eine wichtige Frage ist, ob sich die Kosten für die höheren energetischen Standards durch die in der Folge geringeren Energiekosten ausgleichen lassen. Dies hängt unter anderem stark von der künftigen Entwicklung der Energiepreise und Baukosten ab. Inwieweit Kostensteigerungen durch hohe Energiestandards wirtschaftlich darstellbar sind, darüber gibt es unterschiedliche Meinungen. Verschiedene Untersuchungen haben sich mit dieser Fragestellung beschäftigt. Eine konkrete Empfehlung oder umfassende vergleichende Zusammenfassung der Studien sind im Rahmen der vorliegenden Publikation nicht möglich. Im

Folgenden werden einige Ergebnisse zu diesem Thema beispielhaft angeführt.

Im Endbericht der Baukostensenkungskommission aus dem Jahr 2015 ist beispielsweise mit Blick auf die 2016 eingeführten Änderungen der EnEV erläutert, dass das „aus volkswirtschaftlicher Sicht `kostenoptimale Niveau´ im Sinne der europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2010/31/EU vom 19. Mai 2010) [...] unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen als im Wesentlichen erreicht angesehen“ wird. (BMUB 2015: 79) Im aktuellen Entwurf für das Gebäudeenergiegesetz (Stand 23.10.2019) wurde das bestehende Anforderungsniveau für Neubauten und Sanierungen daher auch nicht weiter verschärft (Website EnEV\_online\_GEG; siehe dazu auch S. 27 f.). In einer vom zuständigen Wirtschaftsministerium veröffentlichten Kurzzusammenfassung zum Gesetzentwurf wird dazu folgendes ausgeführt: „Das gültige Anforderungsniveau ist das EU-rechtlich geforderte kostenoptimale Niveau. Verschärfungen wären nicht wirtschaftlich.“ (BMWi 2019: 1) Eine Untersuchung von Müller/ Pfnür (2016), in der die finanziellen Auswirkungen der Verschärfung der EnEV im Jahr 2016 untersucht wurden, kam zum Ergebnis, dass die Wohnkosten infolge der Mehrinvestitionen für die höhere Energieeffizienz stärker steigen als die Einsparungen bei den Energiekosten auf Grund des geringeren Verbrauchs. Eine weitere Studie zu Baukosten und Energieeffizienz (Bearbeitung: InWIS) berechnete an Hand von Typengebäuden, dass der Standard der EnEV 2014 gerade noch als wirtschaftlich angesehen werden konnte und bereits bei der Verschärfung 2016 das Kriterium der Wirtschaftlichkeit nicht mehr gegeben sei (vgl. Neitzel/ InWIS 2017: 33 f.).

Darüber hinaus ist in Zusammenhang mit hohen Energiestandards in neuen Baugebieten folgende Thematik von Relevanz: Bei hoch gedämmten Gebäuden kann der Fall eintreten, dass sich die Errichtung eines Wärmenetzes, das sich z.B. aus regenerativen Energien speist und vielfältige Vorteile für die Energieversorgung hat, aufgrund der geringen Abnahme wirtschaftlich nicht mehr darstellen lässt (siehe dazu auch Kap. 3.6.7).

### 3.6.3 Trinkwarmwassererwärmung

Der Heizwärmebedarf von Wohngebäuden sinkt durch stetige Verbesserungen der thermischen Hülle und der Haustechnik kontinuierlich, während der Warmwasserbedarf relativ konstant bleibt und vorrangig von der Zahl der Nutzer in einer Wohnung abhängt. Je besser der energetische Standard ist, umso größer ist in der Energiebilanz des Gebäudes der Anteil für die Bereitstellung von Warmwasser. Neben der Raumwärme muss daher auch die Frage in den Fokus rücken, wie der Warmwasserbedarf energieeffizient gedeckt werden kann (vgl.

Ritzenhoff 2016: 43). Bei Niedrigenergiegebäuden kommt somit dem Warmwasserbedarf eine steigende Bedeutung bei der Energieversorgung zu. Bei einem Passivhaus beispielsweise nimmt der Energiebedarf für das Warmwasser etwa den gleichen Stellenwert wie der Energiebedarf für die Heizung ein (vgl. BBSR 2017: 10).

### Anforderungen an Raumwärme und Warmwasser im Vergleich

Raumwärme	Warmwasser
niedrige Systemtemperaturen möglich (35 °C)	hohe Systemtemperaturen notwendig (55 °C)
saisonaler Bedarf	ganzjähriger Bedarf
ausgeglichene Lasten	unausgeglichene Lasten (Spitzenlasten)
abhängig von energetischer Qualität der thermischen Hülle	unabhängig von energetischer Qualität der thermischen Hülle
unabhängig von Anzahl der Bewohner und eingeschränkt abhängig von deren Nutzerbedürfnissen	abhängig von Anzahl der Bewohner und deren Nutzerbedürfnissen

Quelle: Initiative [WÄRME+] 2016: 2

Die Betrachtung der Wärmeenergieströme in einem Gebäude zeigt, dass sich die Anforderungsprofile von Heizung und Warmwasser im Neubau ausdifferenziert haben und die Systemtemperaturen große Unterschiede aufweisen. Während für die Raumwärme bei Flächenheizungen im Auslegungsfall etwa 40 °C benötigt werden, sind es beim Warmwasserbedarf mindestens 55 °C, die wegen Hygieneanforderungen (Trinkwasserverordnung) jederzeit sicherzustellen sind. Die Raumwärme fällt saisonal an, wohingegen Warmwasser das ganze Jahr konstant zur Verfügung stehen muss. Im Gegensatz zum Heizwärmebedarf ist der Warmwasserbedarf in seinem Lastprofil großen Schwankungen im Tagesverlauf unterworfen. Früher wurden üblicherweise die Heizungsanlage nach der Heizlast plus dem Warmwasserenergiebedarf ausgelegt und der Wärmebedarf für Warmwasser und Raumwärme über einen gemeinsamen Wärmeerzeuger gedeckt. Bei Flächenheizungen mit niedrigen Systemtemperaturen kann es sinnvoll sein, Trinkwarmwasser und Heizwärme durch unterschiedliche Systeme mit unterschiedlichen Temperaturniveaus bereitzustellen (vgl. Initiative [WÄRME+] 2016: 3 f.).

Aus energetischer Sicht wäre es sinnvoll, Warmwasser nur auf die Temperatur der Nutzung – d.h. 35-45 °C – aufzuheizen. Die Betriebstemperatur von Warmwassersystemen zur Energieeinsparung abzusenken, setzt die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) allerdings aus hygienischen Gründen (Legionellen) gesetzliche Grenzen. Das warme Wasser muss in Großanlagen an allen Stellen im Leitungssystem ständig eine Temperatur von mindestens

55 °C erreichen und am Austritt des Erwärmers stets eine Temperatur von mindestens 60 °C einhalten, damit es zu keinem Legionellenwachstum kommt. Großanlagen sind nach derzeit gültigen Regelungen alle Anlagen mit Leitungsinhalten von mehr als drei Litern erwärmtem Trinkwasser oder Speichern für erwärmtes Trinkwasser mit mehr als 400 Litern Inhalt (vgl. TrinkwV; Bohne 2019: 181).

Grundsätzlich kann in Wohngebäuden zwischen einer zentralen und dezentralen Bereitung des Warmwassers bzw. zwischen Bevorratung und Frischwassertechnik unterschieden werden. Lange Warmwasserleitungen führen zu Energieverlusten und zur Gefahr der Legionellenbildung. Für die dezentrale Warmwasserbereitung können sog. Frischwasserstationen verwendet werden. Dabei handelt es sich um ein Gerät an der Entnahmestelle mit einem Wärmeübertrager, das Wärme aus dem Heizungswasser bezieht (Hinweis: Durchlauferhitzer oder Boiler verfügen über eigene Wärmequellen wie einen Heizstab). Die Gefahr von Legionellen wird durch Frischwasserstationen reduziert, da nur eine kleine Menge Wasser warm vorgehalten wird. Bei Bedarf ist eine kurzzeitige thermische Desinfektion des geringen Wasserinhalts mit geringem Energieaufwand möglich. Frischwasserstationen sind in der Regel sehr kompakt, sodass sie beispielsweise in eine Wand eingelassen werden können (vgl. Website Energielexikon; Website Energieexperten). Bei der zentralen Herstellung von Warmwasser muss bei größeren Gebäuden zur Vermeidung von Legionellen nicht nur eine Warmwasserleitung, sondern auch eine zusätzliche Zirkulations-Warmwasserleitung durch das Gebäude geführt werden. Neben dem Stromverbrauch der Pumpe führt auch die permanente Umwälzung des Wassers zu Wärmeverlusten.

#### Energiebedarf für die Warmwasserbereitstellung

Der Warmwasserwärmebedarf ist die Energiemenge, die dem Wasser zur Erwärmung zugeführt werden muss. Der durchschnittliche Warmwasserverbrauch in Haushalten beträgt pro Person und Tag ca. 40 Liter bezogen auf eine Wassertemperatur von 60 °C. Um ein Liter Wasser um 1 K zu erwärmen sind 1,163 Wh erforderlich. Um 40 Liter Wasser um 50 K (von 10 °C auf 60 °C) zu erwärmen, sind somit 2,326 kWh erforderlich. Unter Berücksichtigung von Bereitstellungsverlusten von ca. 10 % liegt der jährliche Energieverbrauch für die Trinkwasserbereitung pro Person bei etwa 934 kWh ( $2,326 \times 1,1 \times 365$ ) (vgl. Bohne 2019: 165).

Alternativ zu dieser Berechnung gibt es auch die Möglichkeit, über die Fläche den Warmwasserbedarf zu bestimmen. Die DIN V 18599-10 Tabelle 4 setzt pro Jahr für Mehrfamilienhäuser 15 kWh/ m<sup>2</sup> A<sub>NGF</sub> (Nettogrundfläche) und die DIN V 4701 ein Wert von 12,5 kWh/ m<sup>2</sup> A<sub>NGF</sub> an. In einer Studie des BBSR wurden 2017 die Kennwerte zum Trinkwarmwasserwärmebedarf überprüft und Anpassungsvorschläge für die Abschätzung entwickelt.

Auf Grundlage einer breiten Datenbasis wurde ein nutzfächenspezifischer Warmwasserwärmebedarf von 11,1 kWh/ (m<sup>2</sup>.a) ermittelt (vgl. BBSR 2017). Bei Nutzungen abseits von Wohnen variieren die Bedarfe stark.

### 3.6.4 Bewertung von Energieträgern für die Wärmebereitstellung

#### Primärenergiefaktor

Für die Bewertung unterschiedlicher Energiearten wird häufig der Primärenergiefaktor verwendet. Der dimensionslose Primärenergiefaktor wurde mit der EnEV 2002 eingeführt und dient dazu, den Jahresprimärenergiebedarf von Gebäuden zu berechnen. Er beschreibt, wie viel Energie inklusive der vorgelagerten Prozessketten bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung aufzuwenden ist, um eine bestimmte Menge an Endenergie bereitzustellen. Je kleiner der Primärenergiefaktor, umso effizienter ist der Einsatz des Energieträgers. Der Primärenergiefaktor ist ein Gewichtungsfaktor, der den Vergleich verschiedener Energieträger dadurch ermöglicht, dass der Energieverbrauch damit multipliziert wird (vgl. BDEW 2015: 13-15).

Die EnEV begrenzt den Primärenergiebedarf eines Gebäudes pro Jahr. Die EnEV schreibt in Anlage 1 vor, dass bei Berechnungen für Wohngebäude die Primärenergiefaktoren der DIN V 18599-1:2011-12 zu verwenden sind. Zusätzlich zum allgemeinen Primärenergiefaktor wird dabei der nicht erneuerbare Anteil separat ausgewiesen. Gemäß EnEV sind bei der primärenergetischen Bewertung von Wohngebäuden nur die nicht-erneuerbaren Anteile anzusetzen. Seit 2016 gibt die EnEV vor, dass bei Strom abweichend von der DIN für den nicht erneuerbaren Anteil der Wert 1,8 (statt 2,4) anzuwenden ist, da der Anteil erneuerbarer Energien im Strommix zunimmt. Um niedrige Primärenergiebedarfe gemäß EnEV zu erreichen, sind vor allem Umweltenergie, erneuerbare Energieträger und Wärme aus KWK geeignet. Fossile Energieträger schneiden deutlich schlechter ab. Während der nicht erneuerbare Primärenergiefaktor bei Umweltenergie (Solar-, Erd-, Umgebungswärme, Geothermie) bei 0 liegt, beträgt dieser Wert bei fossilen Energien 1,1. Dies bedeutet, dass ein Anteil von 10 % für die Vorketten zu addieren ist. Der gesamte Primärenergiefaktor von Holz hat den Wert 1,2 – der nicht erneuerbare Anteil (Fällen, Verarbeitung, Transport) beträgt 0,2. Fernwärmeanbieter haben zudem die Möglichkeit, ihre Fernwärme zertifizieren lassen. Dies ist wirtschaftlich vorteilhaft, da meist ein niedrigerer Primärenergiefaktor als in den Vorgaben der DIN 18599-1 erreicht werden kann (siehe dazu S. 76) (vgl. AGFW 2014).

### Kritik am Primärenergiefaktor

Um den Ausbau erneuerbarer Energien zu forcieren, wird in der Berechnungsmethodik der EnEV nur der nicht erneuerbare Anteil des Primärenergiefaktors berücksichtigt. Auch wenn angesichts dieses Ziels der Ansatz nachvollziehbar erscheint, so berücksichtigt er nach Auffassung verschiedener Studien die Kohlenstoffintensität der fossilen Energieträger nicht ausreichend. Dies betrifft sowohl die Brennstoffe Erdgas und Heizöl, die mit einem gleichen Primärenergiefaktor von 1,1 bewertet werden, als auch die Sekundärenergieträger Fernwärme und Strom, bei denen die Treibhausgasintensität stark von den verwendeten Brennstoffen und den Umwandlungstechnologien abhängt (vgl. ITG/ ifeu/ Wuppertal Institut 2016: 6). In einem Diskussionspapier des Wuppertal Instituts wird darauf verwiesen, dass mit KWK aus Erdgas und Kohle zwar ähnlich hohe Primärenergieeinsparungen erreicht werden können, aber dass bei Kohle bis zu 66 % höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen können (vgl. Wuppertal Institut 2015: 34, 51 f.).

Der Primärenergiefaktor ist in vielen Fällen kein geeigneter Wert, um Aussagen zu Treibhausgasemissionen eines Heizungssystems zu treffen. Ein geringer Primärenergiefaktor bedeutet nicht zwangsläufig niedrige Treibhausgasemissionen. Zudem werden weitere wichtige Aspekte wie die Verfügbarkeit von Ressourcen nicht berücksichtigt. Dem Primärenergiefaktor kommt daher nur eine eingeschränkte Lenkungswirkung für das Erreichen der Klimaschutzziele zu. Besonders bei Fernwärme ist mit dem aktuellen Berechnungsverfahren der Primärenergiefaktor kritisch zu betrachten (siehe dazu S. 76). Beispielsweise kann der geringe Primärenergiefaktor von kohlebasierter KWK-Fernwärme dazu führen, dass im Neubau wenig energieeffiziente Gebäude entstehen, die nicht einmal einen Mindestanteil an erneuerbaren Energien aufweisen, da das EEWärmeG unter bestimmten Voraussetzungen Fernwärme als Kompensation dafür vorsieht (§ 7 EEWärmeG).

### Aktueller Stand im Entwurf des GEG

Im vom Bundeskabinett im Oktober 2019 beschlossenen Entwurf des Gebäudeenergiegesetzes wurden die bisher verwendeten Werte für den Primärenergiefaktor unverändert in Anlage 4 übernommen. In § 22 Abs. 1 Nr. 1 bis 3 GEG (Entwurf Stand 23.10.2019) sind besondere Fälle geregelt, bei denen von den Primärenergiefaktoren abgewichen werden kann (z.B. bei gebäudenaher Erzeugung von flüssiger oder gasförmiger Biomasse zur Förderung von Nahwärmelösungen). Für die Berechnung des Primärenergiefaktors von Fernwärme werden keine Werte festgelegt, sondern es dürfen die von den Fernwärmeanbietern ermittelten Primärfaktoren angewendet werden, deren Berechnungsweise aber in den nächsten Jahren geändert werden soll (siehe dazu S. 76) (vgl. Die Bundesregierung 2019a: 136-140).

Kategorie	Energieträger	Primärenergiefaktor/ nicht erneuerbarer Anteil
fossile Brennstoffe	Heizöl	1,1
	Erdgas	1,1
	Flüssiggas	1,1
	Steinkohle	1,1
biogene Brennstoffe	Braunkohle	1,2
	Biogas	1,1
	Bioöl	1,1
Strom	Holz	0,2
	netzbezogen	1,8
	gebäudenah erzeugt (PV, Windkraft)	0,0
	Verdrängungsstrommix für KWK	2,8
Wärme, Kälte	Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0,0
	Erdkälte, Umgebungskälte	0,0
	Abwärme	0,0
	Wärme aus KWK, gebäudeintegriert/ gebäudenah	nach Verfahren B gemäß DIN V 18599-0:2018-09 Abschnitt 5.2.5 oder DIN V 18599-0:2018-09 Abschnitt 5.3.5.1
Siedlungsabfälle		0,0

Quelle: aus Entwurf für GEG vom Oktober 2019: 92 (Anlage 4)

### CO<sub>2</sub>-Emissionen

Um CO<sub>2</sub>-Emissionen von Energieträgern bei der Beheizung von Gebäuden zu berechnen und um Energiebilanzen zu erstellen, wird häufig auf die Werte des „Globalen Emissions-Modells integrierter Systeme“ (GEMIS) zurückgegriffen. Dabei handelt es sich um eine Datenbank des Internationalen Instituts für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS), mit der die Lebenszyklen von Energie-, Stoff- und Transportprozessen bilanziert und analysiert werden können. Unter anderem enthält die Datenbank die Höhe von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten bezogen auf eine Energieeinheit (vgl. Website IINAS). In der Version 4.95 werden im GEMIS für Heizsysteme folgende Emissionswerte pro Kilowattstunde ausgewiesen (vgl. IINAS 2017):

Heizsystem	g CO <sub>2</sub> -Äquivalente/ kWh
Heizöl (Zentralheizung leichtes Heizöl)	374
Heizöl (Brennwert-Zentralheizung für leichtes Heizöl)	326
Erdgas (Zentralheizung)	289
Erdgas Brennwert-Zentralheizung	250
Elektro-mix (Elektro-Nachtspeicher-Heizung, Strom aus Kraftwerksmix)	622
Elektro-Wärmepumpe, Wärmequelle Umgebungsluft, Strom aus Kraftwerksmix	189
Elektro-Wärmepumpe, Wärmequelle Boden, Strom aus Kraftwerksmix	159
Elektro-Wärmepumpe, Wärmequelle Grundwasser, Strom aus Kraftwerksmix	175
Wärme aus Erdgas-BHKW (50 kWel + 85 kWth), ohne Spitzenkessel und Wärmenetz	176
Wärme aus Erdgas-BHKW (500 kWel + 650 kWth), ohne Spitzenkessel und Wärmenetz	165
Wärme aus Erdgas-GuD-Heizkraftwerk (100 MWel + 100 MWth), ohne Spitzenkessel und Wärmenetz	151
Mix von Fernwärme aus Heizkraft- und Heizwerken inkl. Fernwärmenetz, Leitungsverlusten + Pumpstrom	261
Heizung für Scheitholz (aus Waldrest- und schwachholz)	25
Heizung für Holzpellets (aus Sägewerksreststoffen)	29
Heizung für Holz-Hackschnitzel (aus Waldrest- und Schwachholz)	26
Warmwasser aus Solarenergie, Flachkollektor mit Umwälzpumpe und Speicher	25
Warmwasser aus Solarenergie, Vakuum-Röhrenkollektor mit Umwälzpumpe und Speicher	36
Nahwärme aus Biogas-BHKW (85 % Mais, 15 % Gülle) und Gaskessel inkl. Wärmenetz, Leitungsverlusten und Pumpstrom	114
Fernwärme Holz-Waldhackschnitzel-HKW mit Gaskessel inkl. Wärmenetz, Leitungsverlusten + Pumpstrom	79
Nahwärme aus Geothermie-Heizwerk inkl. Wärmenetz, Leitungsverlusten und Pumpstrom	22

Quelle: IINAS 2017

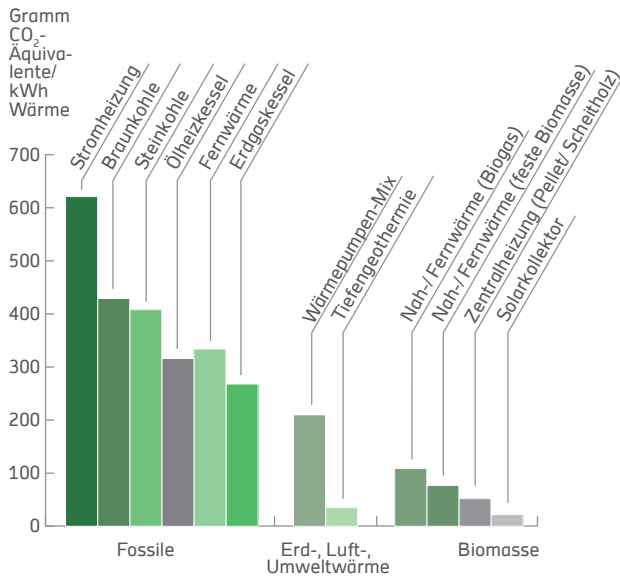
Die Emissionswerte lassen deutlich erkennen, dass nur die erneuerbaren Energien in der Lage sind, den Wärmebedarf eines Gebäudes annähernd klimaneutral zu decken. Heizsysteme auf Basis von Bioenergie, Solarthermie oder Erd- bzw. Umweltwärme sind fossilen Systemen in puncto CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich überlegen. Das gilt auch dann, wenn die Vorkette berücksichtigt wird

(Energieeinsatz für Anlagenherstellung und ggf. Brennstoffproduktion) und wenn für den Strom beispielsweise für Wärmepumpen der normale deutsche Strommix mit seinem hohen Anteil aus an Kohlekraftwerken zur Berechnung herangezogen wird. Die Bilanz würde sich weiter verbessern, wenn für die Produktion der Anlagen und als Hilfsenergie des Heizsystems ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien zum Einsatz kommen würde. Für die Berechnung von Treibhausgasemissionen enthält der Entwurf für das GEG (vom Oktober 2019) die folgenden Emissionsfaktoren:

Kategorie	Energieträger	g CO <sub>2</sub> -Äquivalente/ kWh
fossile Brennstoffe	Heizöl	310
	Erdgas	240
	Flüssiggas	270
	Steinkohle	400
biogene Brennstoffe	Braunkohle	430
	Biogas	140
	Biogas, gebäudenah	75
	biogenes Flüssiggas	180
	Bioöl	210
Strom	Bioöl, gebäudenah	105
	Holz	20
	netzbezogen	560
	gebäudenah erzeugt (PV, Windkraft)	0
Wärme, Kälte	Verdrängungsstrommix	860
	Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0
	Erdkälte, Umgebungskälte	0
	Abwärme	40
	Wärme aus KWK, gebäudeintegriert/ -nah	nach DIN V 18599-9: 2018-09
Nah-/ Fernwärme aus KWK mit Deckungsanteil der KWK an der Wärmeerzeugung von mind. 70 %	Wärme aus Verbrennung von Siedlungsabfällen	20
	Brennstoff: Stein-/ Braunkohle	300
	gasförmiger und flüssiger Brennstoff	180
Nah-/ Fernwärme aus Heizwerken	erneuerbarer Brennstoff	40
	Brennstoff: Stein-/ Braunkohle	400
	gasförmige und flüssige Brennstoffe	300
	erneuerbare Brennstoffe	60

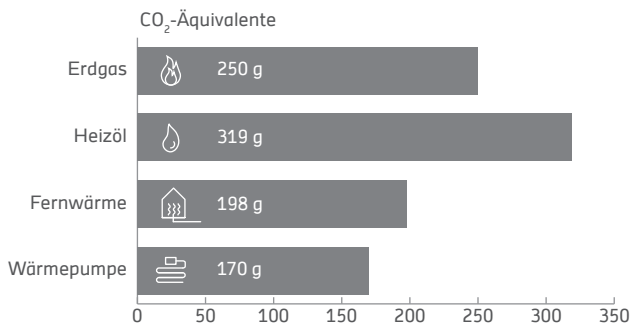
Quelle: aus Entwurf für GEG vom Oktober 2019: 109-111 (Anlage 9)

Abb. 32: Treibhausgasemissionen von fossiler und erneuerbarer Wärme



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Vohrer/ Mühlenhoff/ Müller 2015: 14 f.

Abb. 33: je Kilowattstunde Heizwärme verursachte CO<sub>2</sub>-Emissionen



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website Heizspiegel

### 3.6.5 Energieträger

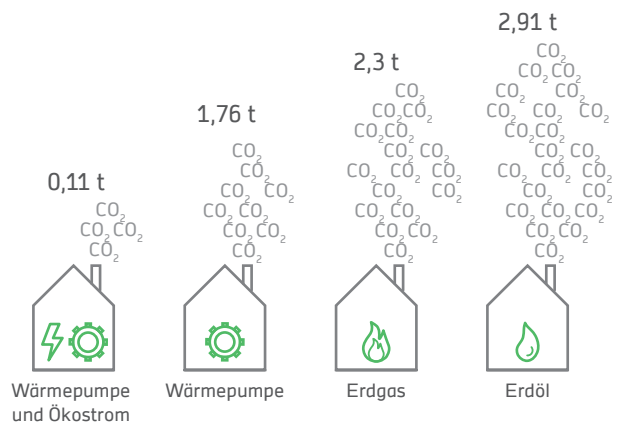
Im Folgenden werden Energiequellen und Technologien beschrieben, die für die Wärmeversorgung von Gebäuden und Quartieren in Frage kommen. Der Fokus liegt dabei auf regenerativen Energieträgern. Vor- und Nachteile der Energiequellen sowie der aktuelle Stand der Diskussion werden erläutert. Zwischen den verschiedenen Heizungsformen gibt es große Unterschiede hinsichtlich der Anschaffungskosten, der Funktionsweise, des Einsatzzwecks sowie der Energieeffizienz und Klimafreundlichkeit. Da die Rahmenbedingungen bei jedem Vorhaben unterschiedlich sind und individuell in die Entscheidungsfindung einbezogen werden müssen, können keine allgemeinen Handlungsempfehlungen gegeben werden. Es muss im Einzelfall geprüft werden, welches Versorgungssystem unter den jeweiligen Umständen und Zielsetzungen am zweckmäßigsten ist.

Abb. 34: Übersicht Wärmemarkt



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Wolff/ Jagnow 2011: 15

Abb. 35: CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr nach Heizungsart für eine 100 m<sup>2</sup> große Neubauwohnung (Berechnung mit CO<sub>2</sub>-Rechner des Umweltbundesamts)



Quelle: eigene Darstellung

### Fossile Energieträger

Alle fossilen Energieträger sind mehr oder weniger kohlenstoffhaltig und nur begrenzt vorhanden. Bei ihrer Verbrennung wird neben anderen Schadstoffen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) freigesetzt, das in die Atmosphäre entweicht und zu einem Anstieg des CO<sub>2</sub>-Gehalts führt. Die wesentlichen Vorteile von fossilen Energieträgern für die Wärmebereitstellung bestehen darin, dass sie flexibel einsetzbar und die Preise bislang vergleichsweise günstig sind. Zumeist sind Heizungssysteme mit fossilen Energieträgern in der Anschaffung kostengünstiger als jene mit regenerativen Energieträgern. Im laufenden Betrieb sind sie jedoch teurer, womit die niedrigeren Investitionskosten über die gesamte Betriebsdauer ihre Vorteile verlieren. Bei der

Verbrennung im Heizkessel entstehen Temperaturen von ca. 1.000 °C, während bei vielen Neubauten je nach Dämmstandard und Heizsystem Vorlauftemperaturen von 60 °C oder weniger ausreichen.

### Erdgas

Erdgas ist jener fossile Energieträger mit den geringsten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Daher wird die Erdgasnutzung als wichtige Brückentechnologie im Übergang zur erneuerbaren Energieversorgung angesehen. Erhebliche Zweifel an dieser Technologie brachte eine Studie der Energy Watch Group im September 2019 vor, die auf Grund der sehr hohen Methanemissionen von Erdgas davon ausgeht, dass der Klimawandel dadurch sogar noch beschleunigt wird (vgl. Traber/ Fell/ Energy Watch Group 2019).

Erdgas ist für die Erzeugung von Wärme und Strom sowie als Kraftstoff variabel einsetzbar. Die Erschließung und der Transport sind mit einem großen Aufwand verbunden. Die Preise von Erdgas sind überwiegend an den Ölpreis gebunden und daher nur unmerklich günstiger als Heizöl.

Bei der Prüfung von Potenzialen für die Wärmeversorgung von Quartieren sollte Erdgas als fossiler Energieträger nicht von vornherein ausgeschlossen werden. Denn Erdgasnetze könnten künftig zur Energiewende beitragen, da die Leitungen und Speicher ohne Um- oder Ausbau auch für aus erneuerbaren Energien erzeugtes Gas genutzt werden können. Biomethan und Power-to-Gas, angetrieben von Strom aus Wind und Sonne, können die Gasversorgung zunehmend regenerativer machen. Es kann daher auch sinnvoll sein, das Leitungsnetz auf lange Sicht auszubauen.

### Erdöl

Erdöl verursacht deutlich höhere CO<sub>2</sub>- und Schadstoff-Emissionen als Erdgas. Erschließung und Transport sind aufwändig und zunehmend riskant. Durch die Bevorratung ist es möglich, Phasen mit niedrigen Preisen für die Anschaffung zu nutzen. Für die Nutzung von Erdöl ist keine leitungsgebundene Infrastruktur in Quartieren notwendig, sodass keine Gebühren dafür anfallen. Wegen der Schwefelanteile in den Abgasen sind Filtersysteme zwingend erforderlich. Neben der Erzeugung von Wärme und Strom kommt Erdöl als Treibstoff im Verkehrssektor eine besondere Bedeutung zu. Im Neubau werden kaum mehr Ölheizungen installiert. Nur in 0,9 % der im Jahr 2018 fertiggestellten Wohngebäude wurde Erdöl als primäre Energiequelle für die Heizung verwendet. Der aktuelle Entwurf für das Gebäudeenergiegesetz (Stand 23.10.2019) enthält eine Vorschrift, dass ab dem Jahr 2026 mit wenigen Ausnahmen keine Ölheizungen mehr installiert werden dürfen (§ 74 GEG, Entwurf Stand 23.10.2019).

### Kohle

Unter den fossilen Energierohstoffen ist Kohle sowohl der fossile Energieträger mit den höchsten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch der Energierohstoff mit den bei weitem größten globalen Reserven. Im Neubau werden in Deutschland so gut wie keine Kohleheizungen mehr installiert. Kohle wird vor allem für die Erzeugung von Strom verwendet. Wenn dies in KWK-Anlagen erfolgt, dann kann Kohle über Fernwärme auch für die Beheizung von Gebäuden genutzt werden. Transport und Lagerung sind im Vergleich zu Erdgas und Erdöl deutlich unproblematischer.

## Erneuerbare Energiequellen für die Wärmeversorgung

Bei regenerativen Energien kann zwischen unbegrenzt verfügbaren Quellen in Form von Solarenergie und Windenergie und begrenzt verfügbaren Energieträgern in Form von Biomasse (Holz und andere biogene Festbrennstoffe, Bioöl, Biogas) unterschieden werden. Erneuerbare Energien wie Biomasse oder Geothermie stehen zeitlich unbegrenzt zur Verfügung, während es bei anderen erneuerbaren Energieträgern wie Wind und Sonne zu wetter- und tageszeitenbedingten Schwankungen bei der Energiebereitstellung kommt. In solchen Fällen sind Speichertechnologien oder Anpassungen der Nachfrage erforderlich. Gebäude können über solar- oder geothermische Anlagen, über mit Biomasse betriebene BHKW, über Wärmepumpen (Umweltenergie) oder Holzheizungen regenerativ mit Wärme versorgt werden. Denkbar ist ebenfalls der Bezug von Wärme aus einem Wärmenetz, das sich aus erneuerbaren Energien speist. Die erforderlichen Anlagen können in unterschiedlicher Weise in Stadtquartiere integriert werden. Bislang ist die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien oft noch mit hohen Gesteungskosten verbunden. Wie bei vielen anderen technischen Neuerungen sind daher Förderungen sinnvoll, bis sie marktfähig sind.

### Solarthermie

Bei Solarthermie wird solare Strahlung auf aktive oder passive Weise in Wärme umgewandelt. Passiv bedeutet, dass die Wärmegewinne aus der Sonnenstrahlung direkt zur Erwärmung der Räume genutzt werden. Die Sonnenenergie wird von den Fensterflächen eingefangen, anschließend von Wänden, Geschosdecken, Möbeln etc. absorbiert und gespeichert und von der aufgetragenen Wärmedämmung im Gebäudeinnern festgehalten. Um die passive Solarenergie optimal zu nutzen, sollte in den Gebäuden ausreichend Speichermasse vorhanden sein sowie auf eine Südorientierung der Hauptfassade und auf eine Vermeidung von Verschattung durch Nachbargebäude oder durch Vegetation geachtet werden. Mit zu-

nehmender Abweichung von Süden nehmen die solaren Gewinne von Solarfassaden ab; Toleranzen von  $-22,5^\circ$  bis  $+22,5^\circ$  gelten noch als vertretbar. Während im Winter der passive Wärmeeintrag gewünscht ist, muss im Sommer auf einen ausreichenden Wärmeschutz geachtet werden. Insbesondere im Neubaubereich besteht bei einer energetisch hochwertigen Ausführung des Gebäudes die Möglichkeit, den Raumwärmebedarf durch passive Sonnenstrahlung zu einem erheblichen Teil zu decken. (vgl. Berliner Energieagentur GmbH 2018: 143 f.)

Als aktiv wird dagegen die Nutzung der Sonnenstrahlung mit Hilfe technischer Systeme bezeichnet, die Sonnenlicht mittels Solarkollektoren in Wärme (Solarthermie) oder durch Solarzellen in Strom (Photovoltaik) umwandeln. Solarthermieanlagen können zur Erwärmung von Brauchwasser und zur Unterstützung der Heizung verwendet werden. Dafür wird ein flüssiger Wärmeträger in den Kollektoren aufgeheizt. Die optimale Ausrichtung sollte in Richtung Süden weisen. Der ideale Neigungswinkel variiert je nachdem, ob die Anlage zur Warmwasserbereitung oder zur Heizungsunterstützung beitragen soll. Bei optimal errichteten Anlagen kann auf einer gleich großen Dachfläche eine Solarthermieanlage zur reinen Warmwasserbereitung eine etwas höhere Wärmemenge bereitstellen als eine Anlage zur Heizungsunterstützung. Da aktuell das EEWärmeG einen Mindestanteil an erneuerbaren Energien gesetzlich fordert, werden bei vielen Neubauten – meist zur Ergänzung eines Hauptwärmeerzeugers – Anlagen zur Nutzung von Sonnenenergie errichtet. Solarthermie gilt als ideale Ergänzung zu Pelletheizungen oder Wärmepumpen.

Während im Jahr 2018 für die Heizung Solarthermie als primäre Energiequelle nur in 0,7 % aller fertiggestellten Mehrfamilienhäuser genutzt wurde, und wurde sie als sekundäre Energiequelle in 19 % der Fälle verwendet. Für die Warmwasserbereitung wurde Solarthermie primär in 6 % und sekundär in 25 % der 2018 fertiggestellten Mehrfamilienhäuser genutzt (vgl. Website Destatis\_a). Eine vollständige Deckung des Wärmebedarfs mit solarthermischen Anlagen ist meist nicht möglich. Da das Solarenergieangebot im Sommer nicht mit der hohen Wärmenachfrage im Winter korreliert, sind hohe Deckungsraten nur mit Wärmespeichern realisierbar. Denkbar ist dabei auch, mehrere Gebäude in Quartieren mit gekoppelten Solaranlagen zu bestücken und mit Hilfe größerer Speicher und einem Nahwärmenetz zusammenzuschließen. In großen Speichern (z.B. Erdtanks) kann die Wärme über längere Zeit bis zur Heizperiode bevorratet werden. Auf diese Weise kann im Jahresverlauf ein größerer Teil des Warmwasser- und der Raumwärmebedarfs solarthermisch gedeckt werden (z.B. München Ackermannbogen). (vgl. Vohrer/ Mühlenhoff/ Müller 2015: 21) Bezogen auf einen Quadratmeter Fläche kann mit einer Solaranlage ein etwa 60 Mal höherer Wärmeertrag erzielt werden als beim Anbau von Biomasse (vgl. Hamburg Institut Research gGmbH 2015: 29). Im Zeitraum von 1990 bis 2014

wurden in Deutschland mehr als 2 Mio. Solarthermieanlagen mit einer Kollektorfläche von insgesamt 18,4 Mio. m<sup>2</sup> errichtet (vgl. BMWi 2015: 18).

Aktuell konkurrieren auf den Dachflächen PV-Anlagen mit solarthermischen Systemen. Dabei hat Photovoltaik gegenüber Solarthermie wegen der garantierten Einspeisevergütung wirtschaftliche Vorteile. Die Einführung einer Vergütung für die Einspeisung von Solarwärme aus großflächigen Anlagen in Fernwärmenetze wäre eine denkbare Option, um den Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung zu erhöhen – die Verbreitung solcher Systeme ist allerdings noch sehr gering (z.B. Energiebunker bei der IBA Hamburg). Zudem könnte das Leitungssystem bei solchen Systemen auch die Funktion eines Wärmespeichers übernehmen.

Vorteile von Solarthermie im Überblick (vgl. Website Energieatlas Bayern):

- erneuerbare Energie, frei von Risiken und Schadstoffen
- dauerhafte und kostenlose Verfügbarkeit der Sonnenenergie
- sowohl für Wärme (Solarthermie) als auch für Strom (Photovoltaik) nutzbar
- geringe Umweltauswirkungen in Herstellung und Betrieb, gute CO<sub>2</sub>-Bilanz
- Unabhängigkeit von Importen, keine Preissteigerungen des Energieträgers
- bei Nutzung von Dachflächen kein zusätzlicher Flächenbedarf

Nachteile im Überblick:

- unregelmäßige Verfügbarkeit der Sonnenenergie durch Witterung
- höchste Wärmeproduktion (Sommer) nicht zur Zeit des höchsten Wärmebedarfs (Winter)

### Biomasse

Im Wärmesektor ist Biomasse derzeit der bei weitem am häufigsten verwendete erneuerbare Energieträger. Bei Bioenergie handelt es sich um in Pflanzen (z.B. Bäumen) gespeicherte Sonnenenergie. Unter dem Begriff Biomasse werden sämtliche Stoffe organischer Herkunft verstanden. Grundsätzlich kann zwischen nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Energiepflanzen wie Raps, Mais) und der Verwertung von organischen Reststoffen wie Gülle, Holzabfälle unterschieden werden. Zur Wärmegewinnung dienen Festbrennstoffe (z.B. Pellets, Hackschnitzel, Energiepflanzen), flüssige Energieträger (z.B. Pflanzenöl), gasförmige Brennstoffe (z.B. Biogas aus Gülle und Energiepflanzen sowie Klär- und Deponiegas) und der biogene Anteil des Abfalls. Fast 87 % der Wärme, die 2018 aus erneuerbaren Energien erzeugt wurde, stammte aus Biomasse. Am häufigsten werden derzeit biogene Festbrennstoffe genutzt. In den letzten Jahren nahm der Einsatz von Holzheiz(kraft)werken in der öffentli-



chen Nah- und Fernwärmeversorgung zu (vgl. Website UBA\_m; BMWi 2015: 12). Die Energiegewinnung aus Biomasse erfolgt entweder durch direkte Verbrennung oder durch Verbrennung der daraus gewonnenen Umwandlungsprodukte (z.B. Biogas). In Biogasanlagen wird organische Masse (z.B. Gülle, Mais, Gras) unter Luftabschluss von Mikroorganismen zu einem brennbaren Gasgemisch vergoren, das Methan enthält (sog. Biogas). Wenn das Biogas weiter aufbereitet und der Qualität von Erdgas angepasst wird, wird meist von Biomethan gesprochen, das in das allgemeine Erdgasnetz eingespeist werden kann. Biogas wird häufig in BHKW zur Erzeugung von Strom und Wärme eingesetzt. (vgl. BMWi 2015: 38)

Die Nutzung von Biomasse beruht auf der Überlegung, dass bei der Verbrennung nur so viel Kohlenstoff in Form von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre freigesetzt wird, wie während des Pflanzenwachstums gebunden wurde. Biomasse gilt daher als emissionsneutral. Vorteile von Biomasse liegen in der vielseitigen Einsetzbarkeit und Nutzbarkeit (Strom, Wärme, Kraftstoff), der oft vorhandenen Lagerfähigkeit sowie der räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeit, was bei anderen erneuerbaren Energien oft Nachteile darstellt. Auch wenn es sich um nachwachsende Rohstoffe handelt, sind die dafür notwendigen Anbauflächen begrenzt. Die Möglichkeiten für den regionalen Ausbau von Biomasse sind meist eingeschränkt. Importe aus entfernten Regionen sind möglich, sollten aber konsequent unter Nachhaltigkeitskriterien bewertet werden. Flächenkonkurrenzen und Zielkonflikte mit der Nahrungs-, Futtermittel- und Werkstoffproduktion werden immer größer. Zudem beeinträchtigen Monokulturen die Biodiversität, den Wasser- und Nährstoffhaushalt sowie das Landschaftsbild. Weniger konfliktreich ist daher die Nutzung von Abfallbiomasse. Dennoch sind auch dort technische, ökologische und logistische Grenzen bei der Verarbeitung und beim Transport zu berücksichtigen.

Im Jahr 2018 wurde in 8,1 % der fertiggestellten Mehrfamilienhäuser Biomasse (Holz, Biogas/ Biomethan, sonstige Biomasse) als primäre Energie für die Heizung genutzt und in 5 % als sekundäre Energie. Am häufigsten wurde Holz (7 % der fertiggestellten MFH) als primäre Energie für die Heizung eingesetzt (vgl. Website Destatis\_a).

Grundsätzlich kann für Neubaugebiete eine Wärmeversorgung mit fester Biomasse in Frage kommen. Da bei zunehmender Anlagengröße die spezifischen Kosten meist deutlich sinken, kann sich die Errichtung von Wärmenetzen vor allem bei großen Versorgungsgebieten anbieten. Ab einer gewissen Größe kann sogar Kraft-Wärme-Kopplung wirtschaftlich sein, um gleichzeitig Strom und Wärme zu erzeugen. In KWK-Anlagen kann feste (z.B. Holz) oder flüssige Biomasse (z.B. Pflanzenöl) oder Biogas verbrannt werden. In Mehrfamilienhäusern kann die Installation eines sog. (Mikro-)Blockheizkraftwerks in Frage kommen, das z.B. Biogas aus einer bestehenden Erdgasleitung entnimmt, um es vor Ort mit einem höhe-

ren Wirkungsgrad in Strom und Wärme umzuwandeln (vgl. Vohrer/ Mühlenhoff/ Müller 2015: 19-21). Als nachwachsende Rohstoffe sind biogene Brennstoffe aus Sicht des Klimaschutzes als vorteilhaft einzustufen, aber in bewohntem Gebiet können sie unter Umständen wegen Feinstaub- und Geruchsemissionen sowie der Anlieferung zu Problemen führen. Die Verbrennung von fester Biomasse ist auch bei bester Filtertechnik nicht emissionsfrei. Der Standort der Heizungsanlagen sollte daher mit Bedacht festgelegt werden. Auch wenn die Positionierung in unmittelbarer Nähe zu den Abnehmern aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoll ist, so sollten wegen der Lärm-, Staub- und Abgasemissionen (Lieferverkehr, Brennstofflagerung, Verbrennungsabgase) ausreichende Abstände eingehalten werden. Beispielsweise ist für Holzpelletsanlagen mehrmals im Jahr eine Anlieferung mit Tanklastern erforderlich, die planerisch berücksichtigt werden muss (vgl. Agentur für Erneuerbare Energien e.V. 2013: 17).

Vorteile von Biomasse im Überblick (vgl. Website Energieatlas Bayern):

- erneuerbarer Energieträger
- sehr variabel einsetzbar: Wärme, Strom, Kraftstoff
- weitgehend geschlossener CO<sub>2</sub>-Kreislauf, gute CO<sub>2</sub>-Bilanz
- regionale Wertschöpfung, weitgehende Unabhängigkeit von Importen
- feste Brennstoffe gut speicherbar in großen Mengen: daher Beitrag zur bedarfsgerechten Energieerzeugung
- insbesondere günstig bei Verwendung organischer Rest- und Abfallstoffe

Nachteile im Überblick:

- größerer Flächenbedarf und Konkurrenz zum Anbau von Nahrungsmitteln
- Umweltbelastungen durch intensivierte Land- und Forstwirtschaft
- Gefahr umweltschädlicher Anbaumethoden, insbesondere bei Importbiomasse aus Monokulturen
- ggf. höhere Schadstoffemissionen (z.B. Feinstaub)

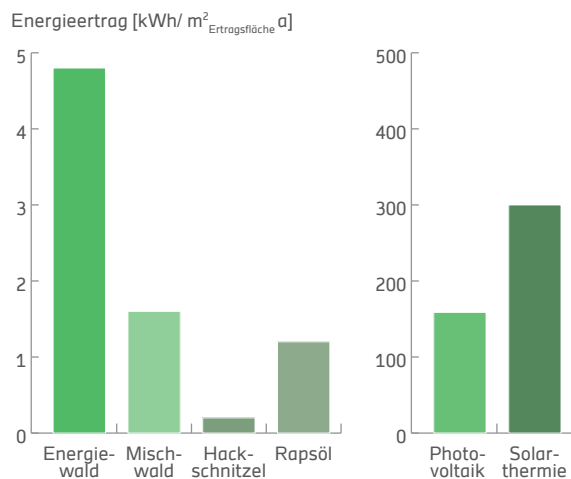


### Projektbeispiel

#### Lörrach: Niederfeldplatz

In den vier Wohngebäuden mit 87 Wohnungen, die 2013 auf einem ehemaligen Parkplatz errichtet wurden, findet nach Aussage der Wohnbau Lörrach als Eigentümerin CO<sub>2</sub>-neutrales Wohnen statt. Dafür wurden in einer Heizzentrale zwei Heizkessel mit Holzpellets errichtet. Ergänzend dazu befindet sich für die Wärmebereitstellung eine ca. 120 m<sup>2</sup> große Solarthermieanlage auf dem Dach. (vgl. Website Wohnbau Lörrach)

Abb. 36: Gegenüberstellung der jährlichen Energieerträge unterschiedlicher Energielieferanten in Bezug auf 1 m<sup>2</sup> Erzeugungsfäche



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern 2010: 39

### Geothermie

Geothermie ist eine unerschöpfliche Energiequelle, die zum Beheizen und zum Kühlen von Gebäuden eingesetzt werden kann und die unabhängig von der Witterung und der Jahreszeit zur Verfügung steht. Dabei wird die Wärme in der Erdkruste genutzt. Sie steigt mit zunehmender Tiefe (ca. 3 °C pro 100 m). Bereits etwa zehn Meter unter der Oberfläche weist das Erdreich über das ganze Jahr eine annähernd konstante Temperatur auf. Grundsätzlich kann zwischen oberflächennaher und tiefer Geothermie unterschieden werden. Bei der oberflächennahen Geothermie (bis 400 m) wird die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme genutzt. Da die Temperatur nicht ausreicht, kann die Wärme nicht direkt verwendet werden, sondern muss über eine nachgeschaltete Wärmepumpe angehoben werden. Oberflächennahe Geothermie fand bisher vor allem bei der Versorgung von einzelnen Gebäuden und von kleineren Gebäudegruppen Anwendung. Neue Entwicklungen zielen darauf an, über große Geothermieanlagen (Sonden oder Flächenkollektoren) ganze Siedlungen und Quartiere über sogenannte kalte Nahwärmenetze zu versorgen. Dezentrale Wärmepumpen in den angeschlossenen Gebäuden heben das für Heizung und Warmwasser notwendige Temperaturniveau an (siehe dazu Kapitel 3.6.7 Wärmenetze). Für die Nutzung von Geothermie sind meist Bewilligungen (z.B. Wasserrecht, Bergrecht) erforderlich. Die Regelungen und Genehmigungsverfahren sind je nach Bundesland unterschiedlich. Mit Hilfe verschiedener Systeme kann die Erdwärme entzogen werden. Zu den wichtigsten Systemen zählen (vgl. Wesselak et al. 2017: 144-162):

- **Erdwärmekollektoren/ Flächenkollektoren:** In 1,2-1,5 m unter der Erdoberfläche werden Rohre mit einem Abstand von 50-80 cm flächig verlegt und über eine Trägerflüssigkeit die gewonnene Wärme den Wärmepumpen zugeführt. Bei diesem

System wird vor allem die gespeicherte Sonnenwärme in den obersten Bodenschichten genutzt. Um die erforderlichen Wärmegewinne auch in den Wintermonaten zu erreichen, müssen die Anlagen großflächig ausgelegt werden. Da die Regeneration durch die Absorption solarer Strahlung erfolgt, dürfen Flächen mit Erdkollektoren nicht überbaut oder versiegelt werden. Solarstrahlung, Sicker- und Regenwasser müssen ungehindert eindringen können. Feste, feuchte Böden eignen sich besser als Wärmequelle als trockene und sandige. Durch den Flächenkollektor wird das Temperaturniveau des Erdreichs verändert. Dies sollte beispielsweise bei der Anpflanzung von empfindlichen Pflanzen berücksichtigt werden. Als ungefähre Faustformel wird etwa das 1,5- bis 2,5-fache der beheizten Wohnfläche als Kollektorfläche benötigt (weitere Informationen siehe VDI 4640). Neben Erdwärmekollektoren gibt es auch andere Systeme wie Grabenkollektoren oder Erdwärmekörbe.

- **Erdwärmesonden:** Durch Bohrungen in 30-100 m Tiefe wird der konstante Wärmefluss in diesen Tiefen genutzt. Dafür werden U-förmige Wärmetauscherrohre in Bohrlöchern verlegt. Im Vergleich zu Erdwärmekollektoren haben vertikal eingebrachte Erdwärmesonden einen deutlich geringeren Flächenbedarf. Da die Erdwärmesonden durch Spezialfirmen erstellt werden müssen, sind die Kosten üblicherweise höher als bei Erdwärmekollektoren. Während Kollektoren lediglich beim Wasserwirtschaftsamt angezeigt werden müssen, unterliegen Erdwärmesonden der Genehmigungspflicht. Wegen der im Jahresverlauf nahezu konstanten Temperaturen ergibt sich hieraus für die Wärmepumpenanlage eine hohe Leistungszahl und ein geringer Energieverbrauch. Da sich Erdwärmesonden gegenseitig beeinflussen können, sind bestimmte Mindestabstände untereinander einzuhalten. Um lange Zuleitungen und Wärmeverluste zu vermeiden, sollte die Distanz zwischen den Sonden und der Wärmepumpe möglichst kurz sein.
- **Energiepfähle:** Wenn Pfahlgründungen für Gebäude erforderlich sind, kann mit Hilfe von Energiepfählen das Erdreich zusätzlich geothermisch genutzt werden. Energiepfähle werden mit der Gründung des Gebäudes kombiniert und reichen weniger tief als Erdsonden. Die Rohre des Wärmetauschers werden in die Gründungspfähle eingebaut. Zusätzliche Bohr- und Verlegearbeiten fallen damit weg.
- **Grundwasserbrunnen:** Grundwasser-Wärmepumpen verwenden direkt die im Grundwasser enthaltene Wärme, die ganzjährig auf konstantem Niveau zur Verfügung steht (Wasser-Wasser-Wärmepumpe). Über einen Förderbrunnen wird Grundwasser gefördert, dem mittels eines Wärmetauschers für Heizzwecke Energie entzogen bzw. für Kühlzwecke

zugeführt wird. Anschließend wird das thermisch veränderte Grundwasser über einen Schluckbrunnen wieder in den Grundwasserleiter zurückgeführt. In Gebieten mit günstigen hydrogeologischen Eigenschaften kann durch die konstante Temperatur von etwa 10 °C eine hohe Leistungszahl der Wärmepumpe erreicht werden. Allerdings verschlechtert der hohe Energiebedarf für den Betrieb der Grundwasserpumpe die Effizienz. Die komplexe Planung und die Bohrung der Brunnen sind mit erheblichen Kosten verbunden. Der Einsatz von Grundwasser-Wärmepumpen kann sich vor allem für größere Objekte mit einem hohen Heiz- und Kühlbedarf lohnen. Eine Genehmigung durch die Wasserbehörde ist erforderlich. Voraussetzung für die Errichtung einer Grundwasser-Wärmepumpe ist, dass Grundwasser in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung steht und keine Schutzgüter gefährdet werden. Das Grundwasser darf nicht zu viel Eisen oder Mangan enthalten, ansonsten besteht die Gefahr von Ablagerungen im Wärmetauscher. Ab einem bestimmten Schadstoffgehalt darf gemäß Wasserhaushaltsgesetz das Grundwasser ohne vorherige Reinigung nicht wieder eingeleitet werden, was zu erheblichen Kosten führt (vgl. Umweltministerium Baden-Württemberg 2009).

Neben der oberflächennahen Geothermie gibt es Tiefengeothermie. Sie nutzt die Wärme in größeren Tiefen und kann wegen der höheren Temperaturen auch größere Baugebiete mit Wärme auf ausreichendem Temperaturniveau für Heizung und Warmwasser versorgen. Die Tiefengeothermie bietet ganzjährig ein gleichbleibendes Wärmeangebot. Die Anfangsinvestitionen sind allerdings sehr hoch. Daher müssen große Wärmemengen erschlossen werden und ein entsprechend großer Wärmebedarf vorhanden sein (vgl. Hamburg Institut Research gGmbH 2015: 31). Für eine reine Wärmenutzung muss etwa 2.000 m tief gebohrt werden. Wenn auch Strom erzeugt werden soll, werden Bohrungen bis zu 4.000 m Tiefe erforderlich. Wegen der hohen Kosten kommt diese Technologie in Deutschland noch selten zur Anwendung. Die Versorgung erfolgt in der Regel über ein Fern- oder Nahwärmenetz. Bei guten geologischen Voraussetzungen kann die Tiefengeothermie künftig eine wichtige Rolle bei der regenerativen Versorgung von Städten spielen. Beispielsweise haben die Stadtwerke München eine Vision entwickelt, bis zum Jahr 2040 die gesamte Fernwärme auf Geothermie umzustellen (vgl. Website SWM).

### Abwärme

Bei Abwärme handelt es sich um keine klassische erneuerbare Energiequelle, sondern um Wärme, die bei Prozessen als Nebenprodukt anfällt. Anstatt sie ungenutzt in die Umwelt entweichen zu lassen, kann sie für den Betrieb von Wärmepumpen genutzt oder in Wärmenetze ein-

gespeist werden. In Stadtquartieren gibt es verschiedene Abwärmepotenziale, die aktiviert werden können und somit Synergieeffekten zwischen Nutzungen schaffen. Nutzbar ist beispielsweise Abwärme aus kleineren Betrieben (z.B. Supermarkt, Bäckerei), aus Siedlungsabwasser, aus Kühlprozessen sowie aus Raumluft. In der Regel lässt sich die zur Verfügung stehende Abwärmemenge gut prognostizieren. Allerdings sind Menge und Temperatur meist nicht steuerbar, sondern vom Prozess abhängig, bei dem die Abwärme entsteht. Schwankungen können aber durch Wärmespeicher ausgeglichen werden. Ein wesentlich größeres Risiko bei der Abwärmenutzung besteht darin, dass sich Wärmemengen verändern, weil z.B. die Produktion umgestellt wird oder ein Abwasserkanal eine neue Zuleitung erhält (vgl. Dunkelberg et al. 2018: 51-57).

Gerade das Abwasser stellt bei Stadtquartieren ein relevantes Wärmepotenzial dar, da es sich um eine langfristig sichere, regenerative Energiequelle mit ganzjährigen Temperaturen zwischen 10 und 20 °C handelt. Für die Nutzung können im Kanal Wärmetauscher eingebaut werden, die dem Abwasser Wärme auf niedrigem Niveau entziehen. Anschließend wird die Wärme in den Gebäuden durch Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau gebracht. Da Abwasser auch im Winter relativ hohe Temperaturen (10-15 °C) erreicht, ermöglicht es im Vergleich zu den vielen anderen Wärmequellen (z.B. Luft, Erdreich) einen noch effizienteren Betrieb von Wärmepumpen. Für die Nutzung von Abwasserwärme müssen zwei grundlegende Bedingungen erfüllt sein: Es muss eine ausreichende sog. mittlere Trockenwetterabflussmenge vorhanden sein (mindestens zehn l/s). Für den Einbau sollten die Kanäle einen Innendurchmesser von mindestens 800 mm aufweisen. Bei der Entwicklung von neuen Baugebieten sollte frühzeitig mit der für die Stadtentwässerung zuständigen Stelle geklärt werden, ob in bzw. um das Plangebiet die Nutzung des Abwassers möglich ist. Durch die Nutzung von Abwasserwärme kann ein Teil des erheblichen Energieaufwands der Wasserebereitung (siehe S. 56 f.) zurückgewonnen werden. Eine aktuelle Studie kommt zum Ergebnis, dass vor allem „in dicht besiedelten Gebieten mit hoher Wärmebedarfsdichte und hohem Abwasseraufkommen [...] dieses Potenzial auch aus wirtschaftlicher Sicht erschlossen werden“ kann (Fritz/ Pehnt/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2018: 20). Wenn in einem Baugebiet neue Kanäle eingebaut werden, ist es möglich, gleichzeitig auch die Wärmetauscher einzubauen und dadurch Kosten zu sparen. Mittlerweile gibt es auch technische Systeme, bei denen das Wärmetauscherelement um das Kanalrohr gewickelt wird, sodass sowohl die Wärme des Abwassers als auch des umgebenden Erdreichs genutzt werden kann (z.B. Website Frank GmbH). Abwasser-Wärmepumpen eignen sich vor allem für größere Gebäude oder Nahwärmenetze (z.B. Mehrfamilienhäuser, Quartiere, Verwaltungsgebäude, Gewerbe- und Industrie-

bauten, Schulen). Die Technik der Abwasserwärmenutzung ist ausgereift und kommt in vielen Ländern der EU zunehmend zum Einsatz. In Deutschland gibt es mittlerweile zahlreiche realisierte und viele in Planung befindliche Projekte.



## Projektbeispiele

### Stuttgart: Neckarpark

Auf einer 22 ha großen Brachfläche entsteht ein neues Stadtquartier mit ca. 850 Wohnungen, Hotels sowie Dienstleistungs- und Gewerbebetrieben. Die Gebäude werden in energetisch hocheffizienter Bauweise ausgeführt. Das Amt für Umweltschutz der Stadt Stuttgart entwickelte für das Baugebiet ein Konzept zur nachhaltigen Wärmeversorgung, dessen Eckpunkte vom Gemeinderat 2011 beschlossen wurden. Als Hauptenergiequelle für die Wärme- und Kälteversorgung dient das städtische Abwasser. Mittels Rinnenwärmetauscher im Kanal werden dem Abwasser über zwei Megawattstunden entzogen. Über ein Niedrigtemperatur-Vierleiter-Wärmenetz werden die Gebäude mit Raumwärme und Brauchwasser versorgt. (vgl. Website Energiewendebauen; Website Klinger Partner; siehe auch S. 66)

### Stuttgart: Abwasserwärme-Potenzialkarte

Die Stadtentwässerung Stuttgart hat eine Potenzialstudie in Auftrag gegeben, um Grundlagen für eine künftige Abwasserwärmenutzung im Stadtgebiet zu erarbeiten. Das Ergebnis der Studie sind Energiekarten, in denen die allgemeinen Grenzkriterien für eine wirtschaftliche Nutzung der Abwasserwärme grafisch dargestellt sind (Mindestabfluss im Kanal von 15 l/s, Mindestkanaldurchmesser von DN 800 und ein Abstand des zu versorgenden Objekts vom Kanal von maximal 300 m). (vgl. Website Stadtentwässerung Stuttgart)

### Stuttgart: Seelberg-Wohnen

Seit 2010 bezieht die Wohnbebauung mit 111 Eigentumswohnungen in Bad Cannstatt Wärme aus dem öffentlichen Abwasserkanal. Die Ergebnisse des innovativen Versorgungskonzepts sind in einer Studie dokumentiert, die von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert wurde. (vgl. EGS-plan/ ImmoTherm GmbH 2013)

### Weimar: Wimaria Stadion

Ein bestehender Schmutzwassersammler aus einem Wohngebiet wurde auf einer Länge von etwa 30 m durch ein sog. Thermopipe-System ersetzt. Dabei handelt es sich um Kanalrohre, die mit einem Wärmetauscher umwickelt sind. Die mit einer Wärmepumpe aus dem Abwasser erzeugte Energie wird zur Warmwasserbereitung des Stadions genutzt. (vgl. Website IAB Weimar)

### Dax (F): Eco-Quartier du Mousse

In der Wohnsiedlung Eco-Quartier du Mousse wurden sog. Thermopipes zur Nutzung der Abwasser- und der Erdwärme in den Straßen eingebaut. 90 % des Wärmebedarfs kann auf diese Weise gedeckt werden. Die Gebäude werden über ein kaltes Nahwärmenetz versorgt. (vgl. Website IKT)

### Hamburg: Jenfelder Au

Das Projekt Jenfelder Au (Bezug seit 2017, ca. 2.000 Einwohner) ist das erste Wohngebiet in Hamburg, bei dem die Neubauten an den sog. HAMBURG WATER Cycle angeschlossen werden. Bei diesem System werden das Regenwasser, Abwasser aus der Toilette (Schwarzwasser) und Abwasser, das in Küche und Bad z.B. beim Hände- oder Wäschewaschen entsteht (Grauwasser), getrennt voneinander gesammelt und unterschiedlich aufbereitet. Das Regenwasser wird in örtliche Gewässer eingeleitet. Das gesammelte Schwarzwasser vergärt in einem Fermenter zusammen mit Co-Substrat. Es entsteht Biogas, das in einem Blockheizkraftwerk zur Strom- und Wärmezeugung für die Neubebauung genutzt wird. Um das Schwarzwasser in der gewünschten Qualität zu erhalten, mussten Vakuumleitungen verbaut und in den Gebäuden spezielle Toiletten installiert werden. Bei dem Konzept werden die Infrastrukturbereiche Wasser und Energie eng miteinander verknüpft. Umgesetzt wurde das klimafreundliche Energie- und Entwässerungssystem von der HAMBURG WASSER, dem Wasserver- und -entsorger der Hansestadt Hamburg. (vgl. Website Hamburg Watercycle\_a; Website Hamburg Watercycle\_b; siehe auch S. 94)



## Weiterführende Literatur

Bundesamt für Energie (Hg.) 2004: Wärmenutzung aus Abwasser. Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen. Bern

Deutsche Bundesstiftung Umwelt/ Bundesverband Wärmepumpe e.V./ Institut Energie in Infrastrukturanlagen (Hg.) 2009: Heizen und Kühlen mit Abwasser. Energierückgewinnung aus häuslichem und kommunalem Abwasser. Ratgeber für Bauträger und Kommunen.

Fritz, Sara/ Pehnt, Martin/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hg.) 2018: Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende? Kurzstudie.

## 3.6.6 Technologien

Im Folgenden werden die Funktionsweise sowie die Vor- und Nachteile wichtiger Technologien für die effiziente Bereitstellung von Wärme aus den vorher genannten Energiequellen kurz erläutert. Für die wirtschaftliche Bewertung der Technologien wird auf das Kapitel Wirtschaftlichkeit (3.8) verwiesen.

### Wärmepumpen

Wärmepumpen stellen derzeit eines der wichtigsten Wärmeerzeugungsprinzipien dar, wenn geeignete Wärmequellen vorhanden sind. Im Kontext der Energiewende ermöglichen es Wärmepumpen, effizient Wärme zu erzeugen. Maßgebend sind die Qualität der Wärmequelle, niedrige Systemtemperaturen beim Wärmeverteilsystem und eine Auslegung, die wenig Hilfsstrom erfordert. Wärmepumpen entziehen der Umgebung (z.B. Luft, Wasser, Erdreich) oder einem anderen Wärmeträger (z.B. Abwasser, Eisspeicher) Wärme und heben diese mittels Hilfsenergie (Strom, selten Gas) in einem Kreislauf aus Verdampfung und Verdichtung eines Arbeitsmediums auf ein höheres Temperaturniveau. Erfolgt die Beheizung nur über eine Wärmepumpe, dann wird von monovalentem Betrieb gesprochen. Bei einem bivalenten-alternativen Betrieb übernimmt ein konventioneller Heizkessel die Spitzenlastversorgung; im bivalent-parallelen Betrieb wird bei hohem Wärmebedarf ein konventioneller Heizkessel zugeschaltet, wobei die Wärmepumpe gleichzeitig betrieben wird. Wärmepumpen werden nach den Wärmeträgern unterteilt, denen die Energie entzogen wird. Unterschieden werden insbesondere die folgenden Wärmepumpen:

- **Luft-Wasser-Wärmepumpen:** Entzug der Wärmeenergie aus der Umgebungsluft
- **Wasser-Wasser-Wärmepumpen:** Entzug der Wärmeenergie aus dem Grundwasser
- **Sole-Wasser-Wärmepumpen:** Entzug der Wärmeenergie aus dem Erdreich

In den letzten Jahren nahm der Anteil an Wärmepumpen, die im Wohnungsbau installiert werden, deutlich zu. Im Jahr 2018 wurden in 41 % der fertiggestellten Wohngebäude Umwelt- (Luft, Wasser) oder Geothermie als primäre Heizungsquelle verwendet. In Wohngebäuden mit mehr als zwei Wohnungen (Mehrfamilienhäuser) lag dieser Anteil mit 22 % allerdings deutlich darunter – Umwelt- und Geothermie werden somit verstärkt in Ein- und Zweifamilienhäusern eingesetzt (vgl. Website Destatis\_a). Am häufigsten kommen dabei Luft-Wärmepumpen zum Einsatz.

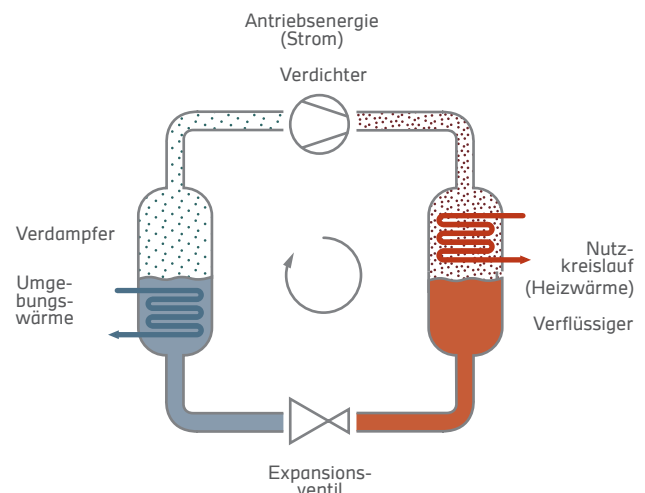
Wärmepumpen arbeiten umso effizienter, je kleiner der Temperaturunterschied zwischen Quelle und Senke ist. Die Nutzung von Wärmepumpen ist daher insbesondere dann vorteilhaft, wenn geringe Vorlauftemperaturen für die Beheizung ausreichen. Somit kommen sie vor allem im Neubau mit Flächenheizungen in Frage. Die Effizienz von Wärmepumpen wird anhand der Leistungszahl (Coefficient of Performance, COP) und der Jahresarbeitszahl (JAZ) beurteilt. Für einen wirtschaftlichen und effizienten Betrieb sollten diese Werte möglichst hoch sein. Der COP bestimmt den Wirkungsgrad einer Wärmepumpe, indem er das Verhältnis zwischen abgegebener Nutzwärmeleistung zur eingesetzten elektrischen Leistung an einem bestimmten Lastpunkt (meist Volllast) beschreibt. Wärmepumpen neuerer Bauart können Leistungszahlen zwischen 3,5 und 5,5 oder noch höher erreichen. Da sich der COP-Wert immer auf einen bestimmten Betriebspunkt bezieht, ist er allein nicht aussagekräftig und es muss auch die Jahresarbeitszahl berücksichtigt werden. Die Jahresarbeitszahl beziffert das Verhältnis zwischen der abgegebenen Wärmemenge und der aufgenommenen Leistung (Strom) über ein ganzes Jahr bei sich verändernden Betriebsbedingungen. Beispielsweise setzt eine Wärmepumpe mit einer JAZ von 4 im Jahresdurchschnitt das Vierfache der eingesetzten elektrischen Arbeitsleistung in Wärmeenergie um. Schwache Wärmepumpen erzielen eine JAZ von 3,5, sehr gute Wärmepumpen erreichen Werte von über 4,5. Die höchsten JAZ können mit Grundwasser-Wärmepumpen erreicht werden. Luft-Wärmepumpen erreichen dagegen JAZ um 3. Die meisten Wärmepumpen werden mit Strom betrieben, für den einige Energieversorger auch vergünstigte Tarife anbieten. Je mehr Strom aus erneuerbaren Quellen stammt, desto mehr trägt diese Technologie zum Klimaschutz bei. Für einen effizienten Betrieb sollte die Temperaturdifferenz zwischen Umgebungswärme und Austrittstemperatur klein sein. Daher eignen sich Wärmepumpen vor allem für Heizungssysteme mit niedrigen Vorlauftemperaturen. Durch technologische Entwicklungen verbessert sich die Effizienz von Wärmepumpen laufend. Die Erwärmung von Trinkwasser auf hohe Temperaturen kann die Effizienz von Wärmepumpen verschlechtern. Bestimmte Wärmepumpensysteme können modifiziert und im Sommer zur Raumkühlung eingesetzt werden. Für Wärmepumpen bietet das Bundesamt für Wirtschaft und Aus-

fuhrkontrolle (BAFA) Förderungen an. In Neubaugebieten ist bei außen aufgestellten Luft-Wärmepumpen auf die Schallemissionen der Verdichter zu achten, deren tieffrequenter Anteil in der Regel als besonders störend empfunden wird und somit zu Belästigungen führen kann. Wärmepumpen können auch in Versorgungssystemen mit Nahwärme eingesetzt werden: entweder als „kalte Nahwärme“, bei der die Wärmepumpen in den Gebäuden installiert sind und sich eine gemeinsame Wärmequelle teilen, oder als „klassische“ Nahwärme mit einer zentralen Großwärmepumpe (siehe dazu S. 73) (vgl. Vohrer/ Mühlenhoff/ Müller 2015: 23; BMWi 2015: 34-36; Website ökologisch Bauen; Website UBA\_n)

Wärmequellen für Wärmepumpen im Überblick:

- Umgebungsluft
- Erdreich (Erdsonden, Erdkollektoren etc.) oder Grundwasser
- Abwärme (Abluft, Abwasser, betriebliche Abwärme)
- Eisspeicher oder Erdwärmespeicher
- solarthermische Kollektoren

Abb. 37: schematische Darstellung der Funktionsweise einer Wärmepumpe



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA\_w



### Projektbeispiel

#### Düsseldorf: „Neues Düsseldorfer Stadtquartier“

In dieser neuen Bebauung wird Grundwasser mittels Wärmepumpen zum Heizen und im Sommer zur Kühlung genutzt. Das geförderte Grundwasser durchläuft insgesamt vier Wärmepumpen, die in Kaskade geschaltet sind. (vgl. Website BA\_online)

### Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Bei der konventionellen Energieversorgung werden Strom und Wärme getrennt voneinander erzeugt. Strom wird überwiegend in großen Kondensationskraftwerken unter Einsatz von Steinkohle, Braunkohle oder Kernener-

gie produziert. Große Wärmekraftwerke in Deutschland wandeln durchschnittlich nur etwa 40 % der eingesetzten Primärenergie in Strom, die restlichen 60 % werden als Wärme an die Umgebung abgegeben. Gleichzeitig wird in vielen Gebäuden Wärme für Heizung und Trinkwarmwasser unter Einsatz fossiler Brennstoffe erzeugt. Diese getrennte Erzeugung führt zu hohen Verlusten und einem geringen Nutzungsgrad der eingesetzten Energieträger. Im Gegensatz dazu erzeugen KWK-Anlagen in einem Kopplungsprozess sowohl Strom als auch Wärme. Durch KWK werden weniger Brennstoffe benötigt und dadurch die Schadstoffemissionen stark gesenkt. Allerdings wird der elektrische Wirkungsgrad von Kraftwerken leicht reduziert. Die eingesetzten Brennstoffe (Kohle, Gase) werden erheblich effizienter genutzt und die Abgabe von Abwärme an die Umwelt vermieden. Trotz vieler Vorteile darf aber nicht unberücksichtigt bleiben, dass in vielen KWK-Anlagen derzeit fossile Brennstoffe verwendet werden. (vgl. ASUE 2015: 4-6, 15)

In Deutschland betrug im Jahr 2017 der Anteil der KWK an der gesamten Nettostromerzeugung 18,9 % (vgl. Prognos AG et al. 2019: 13). Im politischen Raum werden in die KWK hohe Erwartungen gesetzt. Durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) und das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) soll der Ausbau von KWK in Deutschland beschleunigt werden. KWK-Anlagen werden nur gefördert, wenn sie hocheffizient sind. „Hocheffizient“ ist gemäß einer EU-Richtlinie eine KWK-Anlage ab 1 MW elektrischer Leistung bereits dann, wenn gegenüber der getrennten Strom- und Wärmezeugung zehn Prozent Primärenergie eingespart wird. Kleinere Anlagen gelten auch unterhalb dieser Mindesteinsparung als hocheffizient (vgl. Amtsblatt der EU: L52/50-60). Mit der Novellierung des KWKG im Jahr 2016 wurde das bis dahin auf die Gesamtnettostromerzeugung bezogene relative Ziel (25 % KWK-Anteil bis 2020) durch ein absolutes Mengenziel ersetzt. Laut KWKG sollte die Stromerzeugung aus KWK-Anlagen auf 110 Terawattstunden bis zum Jahr 2020 sowie auf 120 Terawattstunden bis zum Jahr 2025 erhöht werden (§ 1 KWKG 2016). Laut Umweltbundesamt wurde bereits im Jahr 2016 das Ziel für 2020 übertroffen. Das Ziel für 2025 wird bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen voraussichtlich ebenfalls erfüllt (vgl. Website UBA\_1; Prognos AG et al. 2019: 2).

KWK-Anlagen gibt es in unterschiedlichen Größen. Große thermische Kraftwerke, die einen Großteil des Strombedarfs in Deutschland decken, können ihre Abwärme in ein Fernwärmenetz einspeisen oder für Prozesswärme nutzen. Viele Großkraftwerke arbeiten aber ohne KWK, weil sich in der Umgebung nicht ausreichend Abnehmer für die Restwärme finden lassen und der Transport über weite Distanzen unwirtschaftlich ist. Um die vielfältigen Vorteile von KWK nutzen zu können und die Wärmeabnahme zu sichern, ist es zielführend, kleinere Kraftwerke

möglichst nahe bei den Wärmeabnehmern zu errichten. Dafür werden sogenannte Blockheizkraftwerke (BHKW) eingesetzt. BHKW nutzen als Antrieb für die Stromerzeugung Verbrennungsmotoren (Diesel-, Pflanzenöl- oder Gasmotoren), aber auch Gasturbinen, Stirlingmotoren oder Brennstoffzellen. Zum großen Teil werden bislang fossile Brennstoffe verwendet (Erdgas, Heizöl). Zunehmend gibt es auch BHKW, die mit regenerativen Brennstoffen betrieben werden können (Biogas, Pflanzenöl, Holzpellets, Hackschnitzel). Durch die gleichzeitige Nutzung der Koppelprodukte Strom und Heizwärme werden in BHKW hohe Gesamtwirkungsgrade von etwa 90 % erreicht (vgl. ASUE 2010: 10 f.; ASUE 2015: 13). Der produzierte Strom kann ins öffentliche Netz eingespeist oder vor Ort verbraucht werden. Die Abwärme wird entweder direkt im Gebäude für die Heizwärme und die Trinkwarmwassererwärmung genutzt, gespeichert oder in ein Wärmenetz eingespeist, das einzelne Gebäude oder auch ganze Stadtquartiere versorgt. Der Einsatz von BHKW bietet sich vor allem dort an, wo möglichst gleichbleibend über das ganze Jahr parallel Strom und Wärme benötigt werden. Größere Versorgungsgebiete mit Wohnnutzungen, in denen ganzjährig zumindest Bedarf nach Trinkwarmwasser besteht, sind daher gut geeignet. BHKW gibt es mit unterschiedlichen Leistungen von wenigen hundert Watt bis zu mehreren Megawatt. Einsatzgebiete sind u.a. Wohngebäude, Krankenhäuser, Industrie- und Gewerbebetriebe. Seit Jahren kommen zunehmend etwa waschmaschinen große, sogenannte Mini- und Mikro-BHKW in Einfamilienhäusern, Wohngebäuden, kleineren Gewerbebetrieben und Hotels zur Anwendung. KWK-Lösungen stehen für das ganze Spektrum an Wärmebedarfen zur Verfügung. BHKW werden – auch wegen der Förderungen (KWKG) – zunehmend für größere Wohnbebauungen oder Quartiere eingesetzt, da dort wegen des ganzjährigen Warmwasserbedarfs die wirtschaftlichen Einsatzbedingungen günstig sind. Durch eine größere Zahl von angeschlossenen Wohnungen können deutliche Skaleneffekte erreicht werden. Bei der Errichtung von BHKW in Stadtquartieren sind die dadurch entstehenden Emissionen zu berücksichtigen. Aus Schallschutzgründen kann es sinnvoll sein, die Anlagen in separaten Energiezentralen statt innerhalb von Gebäuden unterzubringen. Gemäß BImSchG sind Blockheizkraftwerke mit einer Feuerungswärmeleistung ab einem Megawatt genehmigungsbedürftig. Die TA-Luft gilt somit erst für diese BHKW. Dennoch schreibt § 22 BImSchG auch für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen vor, alle Maßnahmen zu ergreifen, die nach dem Stand der Technik möglich sind, um Luftverunreinigungen durch Schadstoffausstoß zu vermeiden. Für den Lärm gilt gemäß BImSchG für alle BHKW die TA-Lärm mit ihren maximal zulässigen Geräuschimmissionen (vgl. ASUE 2010: 20-25; ASUE 2015: 8).

Um BHKW wirtschaftlich betrieben zu können, müssen die Anlagen für lange Laufzeiten mit Volllast konzipiert

und optimal auf den Wärme- und Strombedarf der zu versorgenden Einheiten ausgelegt werden. Eine Schwierigkeit von Versorgungssystemen mit BHKW besteht darin, dass der Strom- und Wärmebedarf oft nicht gleichzeitig anfallen. Daher wird zwischen einer wärmegeführten oder einer stromgeführten Betriebsweise unterschieden. Beim wärmegeführten Betrieb wird die Anlage entsprechend dem Wärmebedarf der Verbraucher geregelt und überschüssiger Strom ins Netz eingespeist oder im Versorgungsobjekt genutzt. Im Sommer steht die Anlage unter Umständen still oder läuft nur für die Bereitung des Warmwassers. Der stromgeführte Betrieb zielt auf die weitgehende Deckung des Strombedarfs ab. Die anfallende Wärme wird soweit möglich im Objekt genutzt, einem Speicher oder Wärmenetz zugeführt oder an die Umwelt abgegeben. Im Wohnungsbau werden BHKW meist für die Wärmeversorgung (Grundlast) ausgelegt und für die Deckung von Lastspitzen durch einen Spitzenlastkessel ergänzt. Ein großer Vorteil von KWK besteht zudem darin, dass die im Sommer erzeugte überschüssige Wärme genutzt werden kann, um eine Adsorptionskältemaschinen anzutreiben und auf diese Weise Gebäude zu kühlen. Die gleichzeitige Lieferung von Strom, Wärme und Kälte wird als Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) bezeichnet. (vgl. ASUE 2015: 16-19)

Wenn BHKW in das Energieversorgungssystem von Neubaugebieten eingebunden werden sollen, sind dafür detaillierte Planungen und Untersuchungen der Wirtschaftlichkeit erforderlich. Meist wird die Leistung einer wärmegeführten BHKW-Anlage so ausgelegt, dass sie selbst im Volllastbetrieb nur einen Teil des maximalen Heizenergiebedarfs der angeschlossenen Abnehmer deckt. Die erforderliche Restwärme liefert ein Spitzenlastkessel. Dadurch können die teuren stromerzeugenden Einrichtungen besser genutzt und höhere Betriebsstundenzahlen erreicht werden. Für einen wirtschaftlichen Betrieb kann es vorteilhaft sein, wenn ein zentrales BHKW mehrere Gebäude oder ein ganzes Quartier über ein Nahwärmenetz versorgt, um eine kontinuierliche Wärmeabnahme zu gewährleisten und Skaleneffekte zu nutzen.

### Zukunft der KWK

KWK ist eine wichtige Technologie zur Steigerung der Primärenergieeffizienz, zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen und für den Ressourcenschutz. BHKW leisten einen wertvollen Beitrag zur sparsamen Verwendung der nur begrenzt verfügbaren Brennstoffe auf dem Weg zu einer rein regenerativen Energieversorgung. Insbesondere quartiersbezogene Konzepte spielen dabei eine große Rolle. BHKW können mit anderen Energieerzeugungstechnologien verknüpft werden und sind besonders geeignet, in intelligente Netze (smart grid) integriert zu werden. In Zukunft kann die Kombination von vielen dezentralen BHKW-Anlagen zu einem sogenannten virtuellen Kraftwerk von großer Bedeutung sein. In

Kombination mit regenerativen Energien, die nicht immer bedarfsgerecht Strom liefern können, kann dadurch ein BHKW noch rentabler betrieben und die Versorgungssicherheit erhöht werden. Überschüssiger BHKW-Strom kann gegen Vergütung ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden und so fossilen, ohne KWK erzeugten Strom verdrängen.



### Projektbeispiel

#### Berlin: Möckernkiez

Die private Wohnungsbaugenossenschaft Möckernkiez errichtete ca. 470 Wohnungen und 20 Gewerbeeinheiten in Berlin-Kreuzberg. Die Naturstrom AG übernahm die Energieversorgung. Ökostrom und regenerative Wärme werden direkt auf dem Gelände erzeugt. Für die Versorgung der 14 Wohngebäude verlegte die Naturstrom AG ein etwa 600 m langes Nahwärmenetz. Die Wärme wird in einem BHKW, das zu 100 % mit Biogas betrieben werden sollte, und einem Gas-Spitzenlastkessel erzeugt. Der Strom des BHKW wird als Mieterstrom verkauft. Allerdings gelang es aus Kostengründen nicht, für den ganzen Bedarf Biogas einzusetzen und es wird ein bestimmter Anteil Erdgas verwendet. (vgl. Website Stadt\_Werk; Website Naturstrom; Website Enbausa)

### Power-to-Heat

Unter dem Begriff Power-to-Heat werden Technologien zusammengefasst, bei denen unter Einsatz von elektrischer Energie Wärme erzeugt wird (z.B. Boiler). Energiewirtschaftlich sinnvoll sind Power-to-Heat-Anlagen nur, wenn dafür Überschussstrom aus regenerativen Quellen verwendet wird, da elektrischer Strom gegenüber Wärmeenergie eine qualitativ deutlich höherwertige Energieform darstellt. Mit dem Strom können entweder Wärmepumpen oder Elektrodenkessel betrieben werden. Wenn Stromüberschüsse aus erneuerbaren Energien für die Wärmebereitstellung verwendet werden, können fossile Energieträger eingespart und Emissionen reduziert werden. Durch Power-to-Heat kann bei einer Überproduktion die Abregelung von regenerativen Erzeugern vermieden werden. Die aus regenerativem Strom erzeugte Wärme kann direkt verbraucht, in ein Wärmenetz eingespeist oder für die spätere Nutzung gespeichert werden (vgl. Doderer/ Steffensen/ Schäfer-Stradowsky 2017: 6). In einer PROGNOS-Studie aus dem Jahr 2019 wurde die Verbreitung von Power-to-Heat-Anlagen, die für die Wärmeversorgung in Wärmenetzen eingesetzt werden, untersucht. Da dazu keine statistischen Daten vorlagen, wurden eigene Erhebungen durchgeführt, die ergaben, dass zwischen 2012 und 2016 insgesamt 33 Power-to-Heat-Anlagen in Deutschland errichtet wurden. Da ab 2017 die Neuerrichtung von Anlagen signifikant zurückging, zogen die Verfasser der Studie den Schluss, dass unter den aktuellen Rahmenbedingungen ein wirtschaftlicher Betrieb in der Regel nicht möglich ist. Zwei Drittel der recherchierten Anlagen sind in Fernwärmenetze eingebunden (vgl. Prognos AG et al. 2019: 27-31).

### 3.6.7 Wärmenetze

Die Recherche von Projekten mit besonderen Klimaschutzkonzepten (siehe Kap. 4) und die Erfahrungen aus dem i\_city-Forschungsprojekt zeigten, dass viele aktuelle Stadtentwicklungsprojekte an Fernwärmenetze angeschlossen werden, wenn diese im Plangebiet oder in dessen Nähe vorhanden sind. Es gibt aber auch Projekte mit eigenen Nahwärmenetzen, um eine klimaschonende Versorgung zu erreichen. Aufgrund der großen Bedeutung von netzgebundener Wärmeinfrastruktur bei neuen Stadtquartieren werden im Folgenden technische Grundlagen und Rahmenbedingungen sowie Vor- und Nachteile sowohl von großen Fernwärmesystemen als auch von gebietsbezogenen Wärmenetzen erläutert.

#### Grundlagen

Grundsätzlich wird unter „Nah- bzw. Fernwärme“ Wärme verstanden, die mittels eines Wärmeträgers über ein Wärmenetz verteilt wird. Begrifflich wird häufig zwischen Fern- und Nahwärme unterschieden, wobei es aber keine klare Abgrenzung in Bezug auf die Länge des Wärmenetzes gibt. Von Nahwärme wird in der Praxis oft gesprochen, wenn die Wärmeverteilung über verhältnismäßig kurze Strecken erfolgt. Bei Fernwärme sind die Wärmemengen meist größer und die Vorlauftemperatur und der Leitungsdruck höher (vgl. Maier/ Agentur für Erneuerbare Energien e.V. 2016: 12; Berliner Energieagentur GmbH 208: 150). Häufig (z.B. bei der statistischen Erfassung) wird der Begriff Fernwärme einheitlich für alle Systeme mit netzgebundener Wärmeversorgung verwendet, da es keine anerkannte Definition für eine Abgrenzung zwischen Nah- und Fernwärme gibt (vgl. Pfnür et al. 2016: 43; Die Bundesregierung 2018: 1). Im Folgenden wird der Begriff Fernwärme allgemein für alle Wärmenetze verwendet und auf den Begriff Nahwärme nur dann zurückgegriffen, wenn ausschließlich kleinere Versorgungsgebiete (z.B. Quartier, Stadtviertel) gemeint sind. Unterschieden werden können grundsätzlich weit verzweigte Netze mit großer Wärmeleistung, die ganze Stadtteile versorgen können, und Netze, die eigens für ein bestimmtes Gebiet mit einer dafür ausgelegten Leistung errichtet werden (Quartiersnetz). Als Wärmequellen kommen u.a. Heizkraftwerke, Müllverbrennungsanlagen, Geothermie- oder Solarkraftwerke, Biomasseanlagen oder BHKW in Frage. Viele regenerative Energiequellen sind auf die Verteilung in Wärmenetzen angewiesen. Kraft-Wärme-Kopplung kann sowohl ökologisch als auch ökonomisch eine interessante Alternative zur reinen Wärmeerzeugung sein. Die Angebotsstruktur bei Wärmenetzen ist sehr vielfältig. Sie reicht von großen Stadtwerken oder Konzernen mit ausgedehnten Wärmenetzen (z.B. MVV in Mannheim) bis hin zu kleinen Anbietern für Ein-

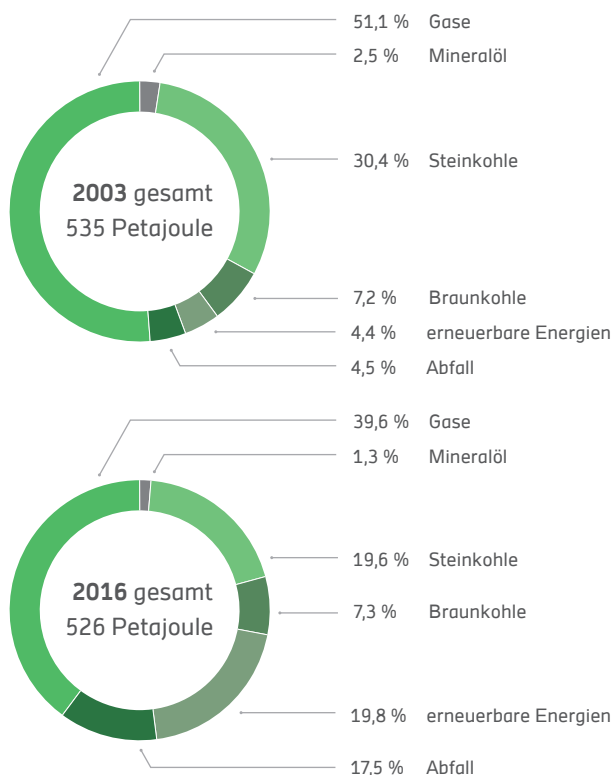
zelprojekte. Viele große Fernwärmenetze in Städten sind bereits mehrere Jahrzehnte alt – für deren Versorgung wird oft Abwärme von großen Kraftwerken mit Hilfe von KWK oder von Müllverbrennungsanlagen genutzt. Viele Anbieter treiben aktuell den Ausbau ihrer Fernwärmenetze voran; einige sind bei der Umstellung auf regenerative Energien sehr aktiv (z.B. SWM in München).

#### Verbreitung von Wärmenetzen

Im Jahr 2016 wurden 16,7 % der Haushalte in Deutschland über leitungsgebundene Wärme versorgt. Der Anteil ist in den letzten Jahren leicht steigend (vgl. Die Bundesregierung 2018: 3). Die Auswertung der Statistik der Baufertigstellungen für das Jahr 2018 zeigt, dass bei über 21 % der Mehrfamilienhäuser Fernwärme als primäre Quelle für die Heizung verwendet wurde. Im Vergleich dazu ist dies nur in 5 % der fertiggestellten Ein- und Zweifamilienhäuser der Fall (vgl. Website Destatis\_a). Für die Erzeugung von Fernwärme in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung werden am häufigsten Gase (ca. 40 % des Energieeinsatzes, 2016) eingesetzt, gefolgt von den Kohlen (ca. 27 %). In den letzten Jahren erhöhte sich der Einsatz von Abfall (12,5 %) und erneuerbaren Energien (19,8 %) kontinuierlich (vgl. Website UBA\_k). Laut einer Statistik der AGFW wurden im Jahr 2017 etwa 83 % der Wärmenetzeinspeisung mit KWK und 15 % ohne KWK erzeugt (3 % Industrie) (vgl. AGFW 2019: 9). Auf dem Fernwärmemarkt gibt es bisher im Gegensatz zum Strom- und Gasmarkt keinen Wettbewerb. Es herrscht quasi ein Monopol. Eine Durchleitung von Wärme eines unabhängigen Erzeugers findet nicht statt. Die Kosten für Fernwärme unterscheiden sich bundesweit stark, da sie vom jeweiligen Fernwärmeanbieter abhängig sind. Die durchschnittlichen Fernwärme-Kosten pro Kilowattstunde auf Basis des bundesweiten Heizspiegels lagen 2018 bei 8,9 ct/ kWh (siehe S. 53) (vgl. Website CO<sub>2</sub>online\_FW). Der Preis für die Wärme setzt sich in der Regel aus einem Grund- bzw. Leistungspreis, einem Arbeitspreis und möglicherweise weiteren Kosten wie Messpreis zusammen. Im Vergleich zu sonstigen Energieträgern wie Gas ist Fernwärme in vielen Fällen eine teure Wärmequelle. Fernwärmeanbieter verlangen tendenziell oft hohe Grundpreise, um die Fixkosten zu decken und weniger von der tatsächlich abgenommenen Wärmemenge (Arbeitspreis) abhängig zu sein (vgl. Pfnür et al. 2016: 27 f., 33).



Abb. 38: Energieeinsatz zur Fernwärmeerzeugung in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Website UBA\_k

### Technik

Wärmenetze werden meist als Zweileiternetz mit einer Vor- und einer Rücklaufleitung errichtet – es gibt aber auch Drei- oder Vierleiternetze. Da Wärme nur mit Verlusten transportiert werden kann, sollte die Erzeugungsanlage möglichst nahe am Verbraucher liegen. Die Verluste hängen insbesondere vom Temperaturniveau, der Leitungslänge, der Dämmqualität der Rohre und der Abnehmerstruktur ab. Bei niedrigen Temperaturen treten geringe Netzverluste auf, allerdings sinkt auch die übertragbare Energiemenge bei gleichem Volumenstrom. Wenn der Volumenstrom erhöht wird, steigt wiederum der Strombedarf für die Pumpen. Für einen wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen sollte der Rücklauf eine möglichst niedrige Temperatur aufweisen. Übliche Fernheizsysteme (Hochtemperatur) arbeiten mit einer Vorlauftemperatur von 90-120 °C und einem Rücklauf von 40-70 °C. Bei Nahwärmesystemen sind niedrigere Vorlauftemperaturen von 70-90 °C üblich. Es gibt aber auch Netze, die mit noch niedrigeren Temperaturen (z.B. 40 °C) betrieben werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Rücklauf von Hochtemperaturnetzen für die Beheizung von Quartieren mit geringem Wärmebedarf zu nutzen. Durch die Rücklaufanbindung kann die Temperatur weiter gesenkt und somit der Nutzungsgrad erhöht werden (vgl. Hertle 2014: 83). Niedrige System-

temperaturen erhöhen die Effizienz von Wärmenetzen deutlich und sind für Neubauten mit geringerem Heizwärmebedarf in der Regel ausreichend. Allerdings sind in diesen Fällen Lösungen für die hygienische Bereitung des Warmwassers erforderlich (siehe dazu S. 56). Abhängig von der Temperatur des Vorlaufs können verschiedene Wärmequellen erschlossen werden. Wärmenetze mit sehr niedrigen Systemtemperaturen bieten die Chance, Energie aus vielen lokal verfügbaren Energieträgern einzubinden. In Frage kommen regenerative Energiequellen und Abwärmeequellen wie Kälteanlagen von Bürogebäuden, Supermärkten, Bäckereien oder aus Abwasserkanälen, die ansonsten ungenutzt bleiben würden. Um regenerative Wärmequellen nutzen zu können, sollten die Temperaturbedarfe auf der Verbraucherseite möglichst gering gehalten werden. Da in verdichteten Baustrukturen die vor Ort verfügbaren Energieträger wie Umwelt- oder Abwasserwärme für die Deckung des Energiebedarfs meist nicht ausreichen, sollte der Energiebedarf der Bebauung minimiert werden. Eine große Bedeutung wird in der Zukunft „offenen“ Wärmenetzen zugesprochen, in die mehrere Erzeuger ihre Wärme einspeisen und verschiedene Technologien optimal aufeinander abgestimmt werden. Die Netze übernehmen die Rolle eines Tauschortes für Energie, Kunden werden zugleich zum Produzenten. Durch solche dezentralen Verbundsysteme wird es möglich, direkt in Quartieren Energie zu erzeugen, zu speichern und zu nutzen. (vgl. Maier/ Agentur für Erneuerbare Energien 2016: 12, 25; Hamburg Institut Research gGmbH 2015: 37)

Folgende Energiequellen und Techniken kommen für die Einspeisung in Wärmenetze besonders in Frage (vgl. Hertle et al. 2015: 56):

- Solarthermie mit Sommer-/ Winterspeicher
- Tiefengeothermie zur direkten Wärmeversorgung
- oberflächennahe Geothermie über kalte Nahwärmernetze und Wärmepumpen
- Verbrennung/ Vergasung von Biomasse mit oder ohne Kraft-Wärme-Kopplung
- Wärmenutzung aus Müllheizkraftwerken
- Wärmenutzung aus Abwasser oder sonstiger Abwärme über Wärmepumpen
- Wärmenutzung aus Industrieabwärme
- Power-to-Heat: Einbindung von Überschüssen der erneuerbaren Stromversorgung

Bei den Erzeugungsanlagen kann grundsätzlich zwischen regelbaren und nicht-regelbaren Anlagen unterschieden werden. Regelbare Erzeugungsanlagen produzieren entsprechend dem Bedarf Wärme (z.B. BHKW, Wärmepumpen), während bei nicht-regelbaren Anlagen die Leistung und Einspeisung von externen Faktoren abhängen (z.B. Solarthermie, Abwärme) (vgl. Dunkelberg et al. 2018: 87). Die Kosten für die Errichtung eines Wärmenetzes hängen vor allem von der Länge der Trasse, der Art und dem Querschnitt der eingesetzten Leitungen sowie der Art der Verlegung ab.

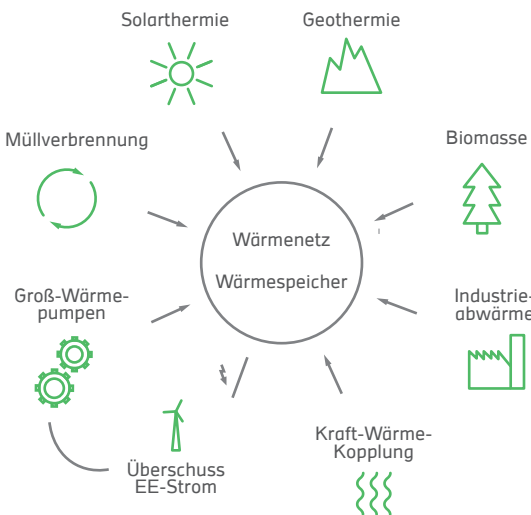


## Projektbeispiel für Rücklaufanbindung

### Mannheim: Glücksteinquartier

In Mannheim wird auf einer von der Stadt erworbenen Bahn- und Industriebrache ein neues Stadtquartier für Wohnen und Arbeiten entwickelt. Im Zuge der Vermarktung der Grundstücke wurde von den Bauherren ein Energiestandard unterhalb der gesetzlichen Vorgaben gefordert. Wegen des geringen Energiebedarfs der Gebäude reicht eine Wärmezufuhr auf niedrigem Temperaturniveau aus. Der ca. 70 °C warme Rücklauf der Fernwärme aus anderen Stadtteilen wird genutzt, um die Gebäude zu beheizen. (vgl. Website Städtebauförderung\_MA)

Abb. 39: schematische Darstellung kommunaler Wärmeplattformen



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Hamburg Institut Research gGmbH 2015: 37; Miedaner/ Steinbeis 2016: 4

### Kalte Nahwärme

Bei der kalten Nahwärme wird Wärme auf sehr niedrigem Temperaturniveau in das Verteilnetz gespeist und erst im Gebäude von einer Wärmepumpe auf die benötigte Temperatur erwärmt. Als Wärmequellen bieten sich dafür insbesondere an: Erdwärme (z.B. Sonden, Kollektoren), Grundwasser (Brunnen), Abwärme von Kühlanlagen (z.B. Betriebe, Einzelhandel, Rechenzentren), Abwasser, Solarthermie, Bioenergie- oder KWK-Anlagen. Der Vorteil von kalten Nahwärmenetzen besteht darin, dass die Systemtemperaturen zwischen 0 und 20 °C liegen und somit die Leitungsverluste sehr niedrig sind, wodurch eine hohe Systemeffizienz erreicht werden kann. Für einzelne Bauherren entfällt durch solche Systeme die aufwändige, oft risikoreiche und kostspielige, individuelle Erschließung von regenerativen Energiequellen. Zudem sind die Investitionskosten etwas geringer als bei herkömmlichen Wärmenetzen. Zwar können kostengünstigere, ungedämmte Kunststoffleitungen verwendet werden. Allerdings sind wegen des deutlich höheren Volumenstroms auch größere Rohrdurchmesser erforderlich. Idealerweise sollte für den Betrieb der Wärmepumpe regenerativ erzeugter Strom genutzt werden. Kalte Nahwärmenetze lassen sich auch einfach für die Kühlung von Gebäuden nutzen (vgl. Bundesverband Wärmepumpe 2018: 4; Website Carmen).

Kalte Nahwärmenetze haben im Vergleich zu warmen Nahwärmenetzen zahlreiche Vorteile:

- geringere Wärmeverluste
- niedrigere Investitionskosten durch die Verwendung von kostengünstigeren Kunststoffleitungen
- Nutzung von regenerativen Energiequellen
- große Distanzen zwischen Wärmequelle und Verbraucher möglich
- einfache Installation
- weitgehend emissionsfreie Wärme- und Kälteversorgung
- Förderungen möglich über BAFA Wärmenetze 4.0 (vgl. Website BAFA) oder KfW (vgl. Website KfW)
- Ausbau des Wärmeverbunds und der Quellen in Etappen einfach möglich
- Einbindung heterogener Quellen (Abwärme, Wärmepumpen etc.) möglich, die sich gegenseitig unterstützen. Nutzung von kalten Wärmenetzen als effiziente Austauschplattform für LowEx-Quellen und Senken
- Kühlung im Sommer möglich



## Projektbeispiele

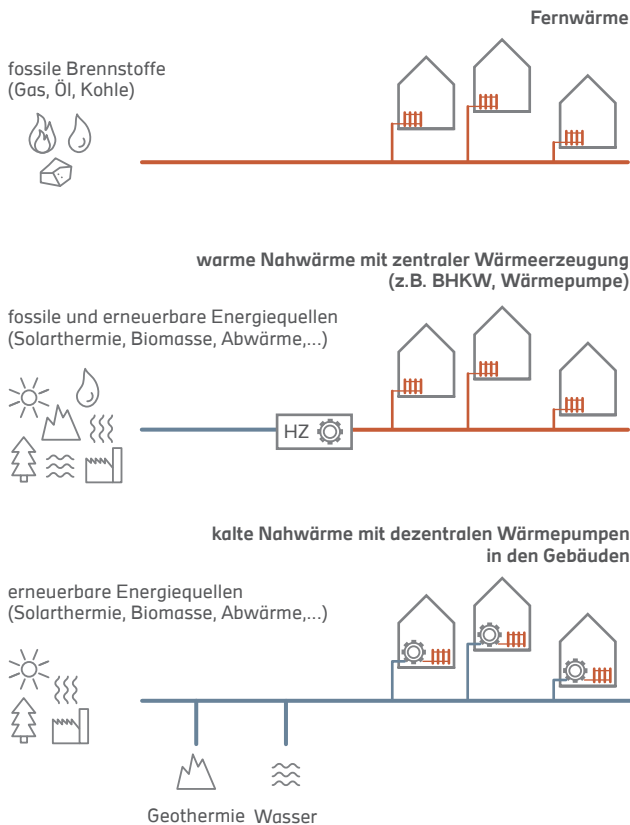
### Wüstenrot: Plus-Energie-Siedlung „Vordere Viehweide“

Die Gemeinde Wüstenrot (ca. 6.600 Einwohner) möchte bis 2020 energieautark werden. Um dies zu erreichen, wurde bei einem Neubauquartier (2012-2017) ein innovatives Wärmeversorgungssystem mit kalter Nahwärme im Rahmen eines Forschungsprojekts realisiert. Die Bebauung besteht aus 23 freistehenden und gereihten Einfamilienhäusern, in denen hocheffiziente Wärmepumpen errichtet wurden. Für deren Betrieb wurden auf ca. 1,5 ha Acker- und Wiesenflächen in der Umgebung Erdwärmekollektoren verlegt (Agrothermie). Das geothermische Kabelsystem wurde mit Hilfe eines speziellen Schwertpfluges mit einem Traktor in bis zu zwei Meter Tiefe eingepflügt. Der Strom für den Betrieb der Wärmepumpen kommt von PV-Anlagen auf den Dächern. In einigen Gebäuden wurden Stromspeicher installiert. (vgl. Website Envisage\_a; Website Envisage\_b)

### Berlin: Wohnquartier in Berlin-Zehlendorf

In einem 2016 fertiggestellten Wohnquartier mit 135 Wohnungen in 22 Häusern wurde ein kaltes Nahwärmenetz (ca. 10 °C) errichtet. Die Energieversorgungsanlage besteht aus mehreren Komponenten (Wärmepumpen, BHKW, Gaskessel, Solarabsorber, Sondenfeld). Dem Netz wird über ein Sondenfeld Erdwärme und -kälte zugeführt. Dezentrale Wärmepumpen, die in eigens entwickelten Heizstationen unterirdisch untergebracht wurden, entziehen dem Netz Wärme und versorgen die Häuser mit Heizenergie. Die Stromversorgung der Wärmepumpen übernimmt ein BHKW, das zudem die umgebenden Häuser mit Wärme versorgt. Über das Nahwärmenetz werden die Gebäude auch mit Kälte zur Raumkühlung versorgt. Durch die Vernetzung der Verbraucher ist die Anlagenkapazität geringer als bei einer dezentralen Lösung. Dem Netz kann flexibel Wärme und Kälte zugeführt und entnommen werden. (vgl. Website geo-en)

Abb. 40: Prinzipdarstellung Wärmenetze



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Deutsche Bundesstiftung Umwelt et al. 2009: 27; Bundesverband Wärmepumpe 2018: 5

## Wärmenetze in neuen Baugebieten

### Vor- und Nachteile

Wärmenetze haben zahlreiche Vor- und Nachteile, die bei der Entscheidung für ein solches System abgewogen werden müssen. Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, dass durch die zentralisierte Wärmeerzeugung nicht in jedem Gebäude eine Heizungsanlage erforderlich wird, die Platz benötigt und Kosten verursacht. Wärmenetze mit niedrigen Systemtemperaturen ermöglichen es, alle zur Verfügung stehenden Energiequellen in einem Quartier zu nutzen, um so von fossilen Energieträgern unabhängig zu werden. Sie machen den Einsatz erneuerbarer Energien im großen Maßstab möglich. Zudem eröffnet die Zentralisierung der Energieerzeugung die Chance, im Falle neuer Wärmeerzeugungstechnologien eine Vielzahl von Abnehmern auf einfache und kurzfristige Weise auf diese umzustellen. Da Wärmenetze die Verbraucher miteinander verbinden, können Schwankungen beim Verbrauch und bei der Produktion ausgeglichen werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass in den Wärmenetzen thermische Energie gespeichert werden kann. Allein durch den Wasserinhalt hat das Netz eine große Speicherkapazität (vgl. Hamburg Institut Research gGmbH 2015: 18, 36). Ein großes Hemmnis von Wärmenetzen sind die hohen Investitionskosten. Zentrale Wärmever-

sorgungssysteme sind meist technisch aufwändig und erfordern eine professionelle Planung und Betriebsführung. Bei Netzen mit hohen Temperaturen und langen Trassen liegt ein großer Nachteil in den hohen Verteilverlusten. Als nachteilig kann zudem angesehen werden, dass Verbraucher von einem Wärmeversorger abhängig sind (Monopol), da keine Wahlfreiheit wie beim Strom besteht. Bei bestehenden, aus Großkraftwerken gespeisten Fernwärmenetzen besteht die Gefahr, dass Energieversorger wegen sinkender Erlöse aus dem Stromverkauf infolge des Ausbaus erneuerbarer Energien die Preise für die Fernwärme anheben, um die Verluste zumindest teilweise zu kompensieren. Wegen der langen Vertragslaufzeiten haben Abnehmer meist nicht die Möglichkeit, auf eine alternative Wärmeversorgung umzustellen. Manchmal herrscht in Gebieten sogar ein Anschluss- und Benutzungszwang, sodass keine Wahlfreiheit besteht (vgl. Pfnür et al. 2016: 151). Für weiterführende Informationen zu den Vor- und Nachteilen von leitungsgebundener Wärmeversorgung aus Sicht der verschiedenen Akteure wird auf die Studie „Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt“ aus dem Jahr 2016 verwiesen (vgl. Pfnür et al. 2016).

### Wirtschaftliche Errichtung von Wärmenetzen

Die Wirtschaftlichkeit ist das wichtigste Entscheidungskriterium für die Errichtung eines Wärmenetzes in einem neuen Stadtquartier. Entscheidend sind dabei die Kosten für die Energieerzeugung und für das Verteilnetz (Investition und Betrieb). Die Errichtung eines Wärmenetzes macht in der Regel wirtschaftlich nur dort Sinn, wo es eine hohe Wärmeabnahme (sog. Wärmesenke) und/ oder ein hohes Angebot an nutzbarer Energie (z.B. Abwärme von Industrie als Wärmequelle) gibt. Für einen wirtschaftlichen Betrieb ist eine möglichst hohe Auslastung des Netzes erforderlich. Nutzungen, die einen dauerhaft hohen Wärmebedarf haben (z.B. Krankenhäuser, Pflegeheim, Hallenbäder), können die Funktion eines Ankerverbrauchers in einem Quartier übernehmen und dazu beitragen, auch im Sommer einen wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten. Der Betrieb eines Wärmenetzes ist umso wirtschaftlicher, je mehr Wärme pro Leitungsmeter abgenommen wird (sog. Wärmebedarfsdichte, Einheit: MWh/ m.a). Je höher die Abnahme umso geringer fallen die spezifischen Kosten der Wärmeerzeugung und -verteilung aus. Folgende Faktoren beeinflussen die Wärmebedarfsdichte:

- Energiebedarf der angeschlossenen Gebäude für die Raumheizung und Warmwasserbereitung (z.B. abhängig von Nutzung, Energiestandard)
- Bebauungsstruktur (freistehende Häuser, geschlossene Bauweise)
- Bebauungsdichte und damit verbundene Leitungsführung

Auf viele dieser Faktoren kann bei der Planung von neuen Baugebieten direkt Einfluss genommen werden. Die

Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen kann nur für den konkreten Anwendungsfall genau bestimmt werden; pauschale Aussagen, ob sich ein Wärmenetz in einem Neubaugebiet wirtschaftlich errichten und betreiben lässt, sind nur sehr eingeschränkt möglich. In der Literatur werden allerdings verschiedene Kennwerte angegeben, die für eine erste grobe Abschätzung herangezogen werden können. Beispielsweise werden neue Netze für Wärmebedarfsdichten unter 1,5 MWh/ (m.a) nicht empfohlen (vgl. Pfnür et al. 2016: 50 f.). In einer Studie von Wolff/ Jagnow (2011: 8) ist eine Bewertungsmatrix für die Eignung von typologisch unterschiedlichen Stadtquartieren für die Errichtung von Wärmenetzen in Abhängigkeit der Höhe des Wärmebedarfs pro Siedlungsfläche (kWh/ m<sup>2</sup>.a) zu finden. Die Errichtung von Wärmenetzen wird in kleinen, gering verdichteten Gebieten eher nicht empfohlen, während für große Stadtviertel mit Mehrfamilienhäusern auch bei geringeren Wärmebedarfen eine Empfehlung ausgesprochen wird.

### Bewertungsmatrix für Wärmenetze

Siedlungsart	Energiekennwert [kWh/m <sup>2</sup> .a]	Bestandsnetz Nah-/ Fernwärme/ Gebäude derzeit mit Anschluss	Bestandsnetz Nah-/ Fernwärme/ Gebäude derzeit ohne Anschluss	Netzneubau Nah-/ Fernwärme inkl. Erweiterung von Bestandsnetzen
großes Versorgungsgebiet, z.B. Stadtviertel mit großen MFH	> 180	++	+	o
	120 - 180	++	+	o
	80 - 120	+	o	o
	< 80	+	o	o
mittleres Versorgungsgebiet, z.B. Kleinstadt/ Siedlung mit mittelgroßen MFH	> 180	++	+	o
	120 - 180	+	o	-
	80 - 120	o	-	--
kleines Versorgungsgebiet, z.B. Siedlung/ Dorf mit überwiegend Ein-/ Zweifamilienhäusern	> 180	+	o	-
	120 - 180	+	-	-
	80 - 120	o	--	--
	< 80	-	--	--
alle Versorgungsgebiete mit langfristig nicht gesicherter Nutzung	langfristig Abriss	++	--	--

Legende	++ Anschluss bleibt	++ Anschluss empfohlen	++ Netz empfohlen
	+	+	+
	o Rückbau prüfen	o Rückbau prüfen	o Netz prüfen
	-	-	-
	-- Rückbau empfohlen	-- Anschluss nicht empfohlen	-- Netz nicht empfohlen

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Wolff/ Jagnow 2011: 8

Ein wichtiger Faktor für die Wirtschaftlichkeit ist die Länge des Netzes, die von der Siedlungsstruktur abhängt. Untersuchungen zeigten, dass bei Mehrfamilienhäusern pro Wohnung von einer Trassenlängen von zwei bis

sechs Metern ausgegangen werden kann, während bei einer Einfamilienhausbebauung mit 14 bis 25 Metern zu rechnen ist. Der von der Netzlänge abhängige jährliche Netzverlust ist somit in gering verdichteten Gebieten deutlich höher (siehe nachfolgende Tabelle) (vgl. Fraunhofer UMSICHT 2008: 47)

### Netzwärmeverlust und spezifische Netzlänge in Abhängigkeit der Siedlungsstruktur

Wärmeverlust	Wärmeverlust bei Spitzenlast	Wärmeverlust im Jahresmittel	spez. Netzlänge
EFH Bebauung	4-5 %	12-17 %	14-25 m/ WE
Reihenhausbebauung	3-4 %	8-12 %	6-14 m/ WE
MFH Bebauung	2-3	5-9 %	2-6 m/ WE
AGFW-Statistik über 834 Netze		11 %	

Quelle: Fraunhofer UMSICHT 2008: 47

In einer Untersuchung des IWU wurden die Wärmeverteilerluste von Nahwärmenetzen für verschiedene Siedlungstypen in Abhängigkeit der Wohnfläche abgeschätzt. Während sich die Verteilerluste bei einer Bebauung mittlerer Dichte im Mittel auf 10 kWh/ m<sup>2</sup>.a belaufen, fällt dieser Wert bei einer Einfamilienhausbebauung niedriger Dichte mit 35 kWh/ m<sup>2</sup>.a mehr als drei Mal so hoch aus (vgl. IWU 2005: 48).

### Netzverluste bezogen auf Energiebezugsfläche (Wohnfläche)

Siedlungstyp	Verteilerverlust bezogen auf die echte beheizte Fläche [kWh/m <sup>2</sup> .a]	
	Bandbreite	Mittelwert
EFH Siedlung, niedrige Dichte	25-45	35
EFH Siedlung, hohe Dichte, Reihenhäuser	15-30	25
Zeilenbebauung, mittlere Dichte, 3-5 Geschosse	5 -15	10
Zeilenbebauung, hohe Dichte, Hochhäuser	2-10	6

Quelle: Wolff/ Jagnow 2011: 21

Angesichts der Tatsache, dass für den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetzes eine ausreichende Abnahme vorhanden sein muss, kann die Realisierung besonders

energiesparender Gebäude mit der Errichtung eines Wärmenetzes kollidieren. Dies sollte von Städten besonders dann berücksichtigt werden, wenn bei der Entwicklung eines Gebiets hohe Energiestandards vorgeschrieben werden.

Für den Betrieb von Wärmenetzen kommen unterschiedliche Betreibermodelle in Frage. Häufig realisieren sog. „integrierte Versorger“ die Wärmeherzeugung, den Netzbetrieb und den Vertrieb in einem Unternehmen. In der Studie „Wirtschaftlichkeit von Mehrleiter-Wärmenetze“ des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) werden die verschiedenen Möglichkeiten übersichtlich dargestellt und beschrieben (siehe Dunkelberg et al. 2018: 27-31). Fernwärmeanbieter müssen die hohen Investitionskosten und die laufenden Kosten über die Erlöse aus dem Verkauf der Wärme refinanzieren. Rechtlich zulässig ist zudem, von Anschlussnehmern einen Baukostenzuschuss zur Finanzierung des örtlichen Versorgungsnetzes zu verlangen (§ 9 AVBFernwärmeV). Um für Bauherren attraktiv zu sein und um Akzeptanz für das Versorgungssystem zu schaffen, sollten die Kosten für den Endnutzer in der Größenordnung von gebäudeindividuellen Versorgungssystemen liegen. Die Bereitschaft der Gebäudeeigentümer zum Anschluss an ein Wärmenetz kann nicht vorausgesetzt werden und je nach Eigentümerstruktur sehr unterschiedlich ausfallen. Für den wirtschaftlichen Betrieb ist eine hohe Anschlussquote Voraussetzung. Um Betreiber von Wärmenetzen finanziell abzusichern und den Anschluss und die Benutzung des Wärmenetzes zu erzwingen, stehen Städten sowohl öffentlich-rechtliche als auch privatrechtliche Instrumente (siehe dazu S. 146 f.) zur Verfügung. Ob der Anschluss- und Benutzungszwang an ein Wärmenetz sinnvoll ist, dazu gibt es in der Praxis bei Städten und Energieversorgern unterschiedliche Auffassungen (siehe z.B. Studie des Difu 2017: 20). Für die Errichtung von Wärmenetzen gibt es verschiedene Fördermöglichkeiten. Auf Bundesebene ist beispielsweise eine Förderung auf Grundlage des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes (KWKG) für Wärmenetze möglich, die zu mindestens 60 % aus KWK-Anlagen versorgt werden. Das Marktanreizprogramm (MAP) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie fördert die Errichtung von Wärmenetzen, wenn ein bestimmter Anteil an erneuerbaren Energien eingebunden wird. Seit 2017 gibt es eine Bundesförderung speziell für effiziente Wärmenetze (Wärmenetzsysteme 4.0). Gefördert werden Wärmenetze, die sich durch einen hohen Anteil erneuerbarer Energien, durch die effiziente Nutzung von Abwärme und durch ein deutlich niedrigeres Temperaturniveau im Vergleich zu klassischen Wärmenetzen auszeichnen. Förderfähig sind sowohl die Kosten für die Erstellung von Machbarkeitsstudien als auch die Kosten für die Errichtung des Wärmenetzes (vgl. Website BAFA).

### Berücksichtigung von Wärmenetzen bei der Planung von Neubaugebieten

Neubaugebiete mit einem hohen Wohnanteil bieten sich in besonderer Weise an, innovative Lösungen für eine netzgebundene Wärmeversorgung zu realisieren. Wenn von einer ausreichenden Wärmeabnahme ausgegangen werden kann, sollte frühzeitig die Errichtung eines Wärmenetzes untersucht werden. Für den Fall, dass bereits ein Wärmenetz in der Nähe vorhanden ist, kann der Anschluss daran geprüft werden. Je nach Größe und Bedeutung des Projekts könnten mit dem Fernwärmeanbieter Möglichkeiten gesucht werden, wie der Primärenergiefaktor und der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Fernwärme verbessert werden könnten. Denkbar wäre es z.B. regenerativ erzeugte Wärme einzukoppeln und wie im Strombereich dem neuen Quartier zuzuschlagen. Angesichts der vielfältigen Vorteile von kalten Nahwärmenetzen sollte untersucht werden, inwieweit im Plangebiet und in dessen Umfeld Energiequellen für die Realisierung eines solchen Versorgungssystems erschlossen werden könnten. Die Entscheidung für den Aufbau eines Wärmenetzes sollte unter Einbindung aller relevanten Akteure zu einem sehr frühen Zeitpunkt im Entwicklungsprozess erfolgen, damit die Planungen sowie die Wärmenachfrage und das -angebot aufeinander abgestimmt werden können. Beispielsweise kann der Aufbau eines Kaltwärmenetzes dadurch unterstützt werden, dass im Plangebiet wohnverträgliche Nutzungen mit Abwärme angesiedelt werden, die in das Wärmenetz eingespeist werden kann (Synergieeffekte). Darüber hinaus ist es auch für die Erschließungsplanung und die Freiraumgestaltung wichtig, frühzeitig zu klären, ob zusätzliche Leitungsmedien untergebracht werden müssen. Gerade bei autoarmen Erschließungen mit geringen Straßenquerschnitten und Baumpflanzungen darf der Platzbedarf von zusätzlichen Leitungen bei einem regelkonformen Einbau nicht unterschätzt werden. Möglicherweise werden für die planungsrechtliche Absicherung der Erzeugungsanlagen und des Netzes auch Festsetzungen in einem aufzustellenden Bebauungsplan erforderlich (z.B. Leitungsrechte). Problematisch im Hinblick auf die Umsetzung und die Wirtschaftlichkeit können sich lange Realisierungszeiträume von neuen Baugebieten erweisen, da das Versorgungssystem möglicherweise erst Jahre später voll ausgelastet ist. Mit Blick auf den späteren Betrieb stellt sich für Städte die Frage, ob ein Anschluss- und Benutzungszwang durch eine Satzung oder sonstige Instrumente (z.B. Kaufvertrag) durchgesetzt werden soll, um die wirtschaftlichen Risiken zu minimieren (siehe S. 146 f.).

## Bestehende auf fossilen Energieträgern beruhende Fernwärmenetze

Auch wenn der Anteil an erneuerbaren Energien bei der Fernwärmeerzeugung leicht steigt, kann bei bestehenden Netzen nicht von größeren Umstellungen in den nächsten Jahren ausgegangen werden. Aktuell gibt es beispielsweise keine gesetzlichen Vorgaben für einen bestimmten Anteil an erneuerbaren Energien bei Fernwärme. Die folgende Antwort der Bundesregierung auf eine kleine Anfrage einiger Abgeordneter des Bündnis 90/ Die Grünen im Jahr 2018 ließ erkennen, dass es diesbezüglich auch keine konkreten Absichten gibt: „Die Einführung verpflichtender Vorgaben für Wärmenetze zu Mindestquoten für den Einsatz erneuerbarer Energien könnte im Hinblick auf bereits getätigte Investitionen der Fernwärmeversorgungsunternehmen problematisch sein. Daher verfolgt die Bundesregierung im Rahmen der Leistungsverwaltung bisher den Ansatz, bei Förderprogrammen Mindestquoten für den Einsatz von erneuerbaren Energien und Abwärme vorzugeben, ab deren Erreichung die entsprechenden Netze als förderwürdig eingestuft werden.“ (Die Bundesregierung 2018: 8)

Da Fernwärme – selbst wenn sie auf fossilen Brennstoffen basiert (KWK) – in der Praxis oft als sinnvolles Versorgungssystem angesehen werden, werden neue Baugebiete häufig daran angeschlossen. Es gibt allerdings einige Aspekte, die kritisch bei der Entscheidung für diese Art der Energieversorgung betrachtet werden sollten. Wie bereits erwähnt ist fraglich, wie schnell große Fernwärmenetze angesichts der wenigen Anreize oder Verpflichtungen auf erneuerbare Energien umgestellt werden. Einige Stadtwerke wie beispielsweise in München treiben die Umstellung offensiv voran, andere Anbieter verhalten sich eher zurückhaltend. Da fossile Fernwärme (v.a. bei KWK) meist einen sehr guten Primärenergiefaktor hat und damit Bauherren für die Erfüllung der EnEV und des EEWärmeG bevorzugt darauf zurückgreifen, gibt es auch von der Kundenseite keinen Druck für Verbesserungen. Die meisten großen Fernwärmenetze basieren auf fossiler Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Die Berechnungsmethode des Primärenergiefaktors von Fernwärme aus KWK sieht eine sog. „Stromgutschrift“ vor, die in der Regel zu sehr niedrigen Primärenergiefaktoren führt (siehe dazu AGFW 2014). Dabei wird der Wärme eine Gutschrift aus der Stromproduktion zugerechnet, die durch den Kopplungsprozess an anderer Stelle theoretisch verdrängt wurde. So kann sogar beim Einsatz von besonders klimaschädlicher Braunkohle ein vergleichsweise niedriger Primärenergiefaktor erreicht werden. Der Primärenergiefaktor von Fernwärme kann den Eindruck einer idealen Wärme vermitteln, die nicht verbessert werden muss. Bei der Interpretation des Primärenergiefaktors sollte daher berücksichtigt werden, dass es sich dabei nur sehr eingeschränkt um ein Kriterium für die

Bewertung der Klimafreundlichkeit handelt. Wegen des niedrigen Primärenergiefaktors können Gebäude beispielsweise auch mit weniger baulichem Wärmeschutz die Anforderungen der EnEV erfüllen, obwohl ihre Beheizung auf fossilen Brennstoffen beruht. Die ökologische Bewertung von Fernwärme mittels des Primärenergiefaktors ist somit wegen der aktuellen Berechnungsweise im Hinblick auf den Klimaschutz kritisch zu sehen (vgl. Hamburg Institut Research gGmbH 2015: 57 f.). Dies hat auch der Gesetzgeber erkannt und in den letzten Jahren im Zuge der Erarbeitung des Gebäudeenergiegesetzes einen Methodenwechsel bei der Berechnung der Primärenergiefaktoren für Fernwärme vorgeschlagen, um den Energieaufwand zur Erzeugung von Fernwärme und damit den CO<sub>2</sub>-Ausstoß sachgerechter abzubilden. Nachdem in Gesetzesentwürfen ein Wechsel auf die sog. Carnot-Methode vorgesehen war, wurde im vom Bundeskabinett im Oktober 2019 beschlossenen Gesetzentwurf schließlich die Stromgutschriftmethode beibehalten. Allerdings enthält das Gesetz weitere Regelungen zu den Berechnungsverfahren und eine Untergrenze für den Primärenergiefaktor von 0,3, da laut Gesetzesbegründung bei besonders niedrigen Werten die Energieeffizienz von Fernwärme nicht sachgerecht abgebildet wird. Weitere Reduzierungen sind allerdings möglich (§ 22 Abs. 3 GEG-Entwurf vom 23.10.2019). Zudem wurde im Gesetz ein Passus aufgenommen, dass das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie mit dem Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat das Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Primärenergiefaktoren von Wärmenetzen mit KWK prüfen wird. Der Bericht soll bis 2025 vorliegen und einen Vorschlag enthalten, wie ab dem Jahr 2030 das Berechnungsverfahren unter dem Grundsatz der Wirtschaftlichkeit umgestellt werden kann (§ 22 Abs. 5 GEG-Entwurf vom 23.10.2019; vgl. Die Bundesregierung 2019a: 136-140). Neben der EnEV kann auch bei der Umsetzung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) Fernwärme zu nicht gewünschten Effekten führen. Das Gesetz verpflichtet den Bauherren eines Neubaus, mindestens 15 % des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien zu decken. Als Ersatzmaßnahme kann diese Anforderung auch durch eine verbesserte Energieeffizienz des Gebäudes oder durch den Anschluss an ein Wärmenetz erfüllt werden, wenn dieses zu mindestens 50 % auf hocheffizienter KWK oder Abwärme basiert. Der Einsatz fossiler KWK ist somit in vielen Fällen ausreichend. Hocheffizient gilt eine KWK-Anlage bereits dann, wenn gegenüber einer getrennten Erzeugung von Strom und Wärme eine Primärenergieeinsparung von 10 % erreicht wird (siehe dazu S. 26, 28). Durch diese gesetzliche Regelung wird eine stärkere Einbindung von erneuerbaren Energien in Wärmenetze nicht gefördert, sondern eher behindert. (vgl. Hamburg Institut Research gGmbH 2015: 58 f.)



## Projektbeispiele

### München: Fernwärme der SWM

Bis 2040 soll München die erste deutsche Großstadt sein, in der Fernwärme zu 100 % aus erneuerbaren Energien gewonnen wird. Um diese Vision zu verwirklichen, setzen die Stadtwerke München in erster Linie auf die weitere Erschließung von Erdwärme. (Website SWM)

### Frankfurt am Main: Quartier am Henninger Tor/ Stadtgärten

Seit 2013 entsteht auf vier Baufeldern ein Quartier mit etwa 800 Wohnungen, das über ein Nahwärmenetz verfügt. Das Wärmenetz ist in ein Hochtemperaturnetz für Trinkwarmwasser und ein Niedertemperaturnetz für Heizwärme im Winter und Kühlung im Sommer aufgeteilt. Verschiedene Energieträger speisen das Netz mit Wärme. Herzstück bildet eine 600 kW Erdwärmeanlage. 260 Erdsonden entnehmen in 100 Metern Tiefe dem Erdboden Wärme, die über eine Wärmepumpe in das Nahwärmenetz eingespeist wird. Zusätzliche Wärme liefert ein Gasbrennwertgerät, während ein Blockheizkraftwerk den Strom für die Wärmepumpe liefert. Ein zusätzlicher solarthermischer Kollektor ist an das Erdsondenfeld geschaltet und erhöht so die Effizienz der Wärmepumpe. Dezentrale solarthermische Anlagen auf den einzelnen Mehrfamilienhäusern unterstützen die Trinkwassererwärmung. Jede einzelne Wohnung verfügt über eine eigene Übergabestation für Heizwärme und Trinkwarmwasser. (vgl. Website Wärmepumpe.de)

### Berlin-Adlerhof: Newton-Projekt

Im ersten Bauabschnitt der Neubausiedlung wurden 38 Passivhaus-Wohneinheiten in drei Gebäuden errichtet. Die Entwicklung des Energiekonzepts erfolgte im Rahmen eines Forschungsprojekts. Neben selbst erzeugter solarthermischer Energie wird die Siedlung über einen Anschluss an das Fernwärmenetz (90 % KWK) mit Wärme versorgt. Der Fernwärmelieferant gestattet es, die vor allem im Sommer anfallende überschüssige thermische Energie der Solaranlage in das Fernwärmenetz einzuspeisen. Die Trinkwarmwassererzeugung erfolgt wohnungsweise über Frischwasserstationen. Neben dem Nahwärmenetz und dem Pufferspeicher auf der Sekundärseite wird die Speicherkapazität des Fernwärmenetzes für die solar erzeugte Energie genutzt. Ein anschließendes Monitoring des Wärmenetzbetriebs soll die Einhaltung der Konzeptvorgaben prüfen und die Betriebsführung optimieren. (vgl. Website Energiewendebauen\_b; Website Newtonprojekt)

### Hamburg: Ausstieg aus der Kohle für Fernwärme

Als Ergebnis der Volksinitiative „Tschüss Kohle“ hat die Hamburgische Bürgerschaft im Juni 2019 das Hamburgische Kohleausstiegsgesetz verabschiedet. Ab 2030 will Hamburg für seine Versorgung mit Fernwärme keine Kohle mehr verbrennen. Hamburg ist damit das erste Bundesland, das sich gesetzlich auf ein Pflichtdatum für den Kohleausstieg in der Wärmeversorgung festlegt hat. (Website Tschüss\_Kohle)

### Hamburg: Energiebunker auf der Internationalen Bauausstellung

Ein ehemaliger Flakbunker in Wilhelmsburg wurde im Rahmen der Internationalen Bauausstellung Hamburg saniert und zu einem regenerativen Kraftwerk mit Großwärmespeicher umgebaut (Kosten: ca. 27 Mio. €). Der Energiebunker versorgt über ein Wärmenetz das angrenzende Stadtgebiet mit klimafreundlicher Wärme und speist erneuerbaren Strom in das Stromnetz ein. An dem Bunker wurde eine markante Solarhülle auf dem Dach und an der Südseite installiert. Im Bunker befindet sich ein großer Wärmespeicher mit einem Fassungsvermögen von 2.000.000 Litern, der aus Wärme eines biomethanbeheizten BHKW, einer Holzfeuerungs- und einer Solarthermieanlage sowie aus der Abwärme eines Industriebetriebs gespeist wird. Im Endausbau erzeugt der Energiebunker circa 22.500 MWh Wärme und fast 3.000 MWh Strom erzeugen. Damit wird eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von 95 % erreicht. In dem Bunker wurden zudem ein Café und eine Aussichtsterrasse in 30 m Höhe eingerichtet. (vgl. Website IBA Hamburg)

### Dänemark

Schon seit 1979 ist jede Kommune in Dänemark dazu verpflichtet, einen Plan für ihre Wärmeversorgung vorzulegen. Dänemark besteuert fossile Brennstoffe kontinuierlich höher, um Anreize für einen sparsamen Umgang mit Energie sowie einen Umbau der Energieversorgung zu schaffen. Aktuell nutzen ca. 63 % der Haushalte in Dänemark Fernwärme zum Beheizen von Räumen und Wasser. Fast 60 % der Fernwärme basiert auf erneuerbaren Energien. Die Betreibergesellschaften von Fern- und Nahwärme dürfen nicht profitorientiert arbeiten. Der Wärmepreis entspricht den tatsächlichen Wärmeproduktionskosten und die Berechnungsweise ist gesetzlich festgelegt.

Die Fernwärmeanbieter befinden sich daher zumeist in den Händen der Kommune oder der Bürger in Form von Energiegenossenschaften. Im Vergleich zu anderen Energieträgern ist Fernwärme wesentlich günstiger. Im Neubau und bei der Sanierung sind in Dänemark Öl- und Gasheizungen verboten. (vgl. Morten 2018a: 11-13)



## Weiterführende Literatur

Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme 2017: Planungshandbuch Fernwärme, Schlussbericht 6. April 2017. Online abrufbar: [https://www.energie-zentralschweiz.ch/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Planungshilfen/Planungshandbuch\\_Fernwarme\\_V1.0x.pdf](https://www.energie-zentralschweiz.ch/fileadmin/user_upload/Downloads/Planungshilfen/Planungshandbuch_Fernwarme_V1.0x.pdf) (Zugriff am 15.01.2020)

Fraunhofer UMSICHT 2008: Leitfaden Nahwärme. Duisburg.

IWU Institut Wohnen und Umwelt 2005: Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Erfahrungen und Perspektiven. Eine Untersuchung im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung.

Pfnür, Andreas/ Oschatz, Bert/ Winiewska, Bernadetta/ Mailach, Bettina 2016: Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt. Vergleichende Studie aus energetischer und ökonomischer Sicht. ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH, Forschungszentrum Betriebliche Immobilienwirtschaft FBI an der Technischen Universität Darmstadt.

Stadt Frankfurt am Main/ Regionalverband FrankfurtRheinMain (Hg.) 2014: Aufbau von Wärmenetzen. Praxisleitfaden. Erarbeitung: KEEA Klima- und Energieeffizienz Agentur, Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES. Frankfurt am Main

Wolff, Dieter/ Jagnow, Kati 2011: Untersuchung von Nah- und Fernwärmenetzen: Überlegungen zu Einsatzgrenzen und zur Gestaltung einer zukünftigen Fern- und Nahwärmeversorgung. Wolfenbüttel/ Braunschweig.

## 3.6.8 Energieträger und Versorgungssysteme im Vergleich

Wie dargestellt gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, Gebäude in neuen Stadtquartieren regenerativ und damit klimafreundlich mit Wärme und Strom zu versorgen. Gebäude können entweder individuell mit Einzellösungen oder über ein quartiersbezogenes System mit Energie versorgt werden. Ein sinnvolles Konzept zeichnet sich dadurch aus, dass Energieträger, Art der Wärmeerzeugung und die erforderlichen Temperaturniveaus der Übergabesysteme aufeinander abgestimmt sind. Für jede Baugebietsentwicklung sollte individuell geprüft werden, welche Energieträger und Systeme unter den spezifischen Rahmenbedingungen am sinnvollsten eingesetzt werden:

- leitungsgebundene Energien (z.B. Erdgas/ Bioerdgas, Fernwärme, Abwasser)
- Solarenergie für die thermische und elektrische Nutzung
- Bioenergie (z.B. Holz als Hackschnitzel oder Pellets)
- Geothermie
- Abwärme (z.B. von Betrieben, Abwasser)
- Wärmepumpensysteme
- BHKW (KWK)

Zielführend ist es, die energetischen Potenziale vor Ort zu aktivieren und für die neue Bebauung zu nutzen (siehe z.B. S. 115 ff.). Bei der Prüfung sollten die örtlichen Gegebenheiten wie Verschattungen oder Altlasten im Boden

von Anfang an berücksichtigt werden. Allgemeingültige Aussagen, welche Versorgungssysteme in welchen Quartieren sich rechnen, können nicht gegeben werden. Allerdings können in Stadtquartieren Rahmenbedingungen vorhanden sein oder geschaffen werden, die die Umsetzung bestimmter Versorgungssysteme begünstigen bzw. erschweren. In Anlehnung an eine Darstellung der Berliner Energieagentur GmbH (2018: 33) können die nachfolgenden, v.a. baulichen Rahmenbedingungen von Relevanz sein:

Energie-träger	Positive Rahmenbedingungen	Negative Rahmenbedingungen
<b>Solarthermie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>viele zusammenhängende und nutzbare Flächen (z.B. Dach, Lärmschutzwand)</li> <li>Südausrichtung der Gebäude</li> <li>wenig/ keine Verschattung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Staffelgeschosse</li> <li>Dachaufbauten</li> <li>Ost-West-Gebäudeausrichtung</li> <li>hohe Bebauungsdichte (zu wenige Flächen)</li> </ul>
<b>Photovoltaik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>viele zusammenhängende und nutzbare Flächen</li> <li>hohe Anschlussquote (v.a. Mieterstrom)</li> <li>wenig/ keine Verschattung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Staffelgeschosse</li> <li>Dachaufbauten</li> <li>intensives Gründach</li> </ul>
<b>Geothermie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>gebäudenah, langfristig gesicherte Freiflächen</li> <li>solarthermisches Potenzial vorhanden (Boden, Grundwasser)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altlasten im Boden</li> <li>ungeeignete Beschaffenheit des Bodens oder Grundwassers</li> <li>Grundwasserschutzgebiete</li> </ul>
<b>Nahwärme aus KWK (Niedertemperatur)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hohe Bebauungsdichte</li> <li>Nutzungsmischung</li> <li>Gasnetz vorhanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>geringes Interesse an Anschluss</li> <li>Gebäude mit zu geringem Wärmebedarf</li> </ul>
<b>kalte Nahwärme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmequellen mit niedrigen Temperaturen (Abwasser, Geothermie, Abwärme aus Kühlprozessen etc.)</li> <li>Flächenheizungen in Gebäuden</li> <li>regenerativer Strom für Wärmepumpen vorhanden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>geringes Interesse an Anschluss</li> <li>fehlende Wärmequellen (Abwasser, Geothermie, Abwärme aus Kühlprozessen etc.)</li> </ul>

Energie-träger	Positive Rahmenbedingungen	Negative Rahmenbedingungen
<b>Fernwärme (Hochtemperatur)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fernwärmenetz vorhanden bzw. Erweiterung eines bestehenden Netzes möglich</li> <li>hohe Bebauungsdichte</li> <li>Gebäude mit hohem Wärmebedarf</li> <li>hohe Anschlussbereitschaft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gebäude mit zu geringem Wärmebedarf</li> <li>meist hoher Grundpreis</li> <li>lange Vertragsbindungen</li> </ul>
<b>Abwärme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>gleichmäßige, dauerhafte Abwärmequellen mit ausreichend hohem Temperaturniveau</li> <li>Bereitschaft zur (kostenlosen) Bereitstellung</li> <li>Abwärme auf niedrigem Temperaturniveau (siehe kalte Nahwärme)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>große Entfernungen</li> </ul>
<b>feste Biomasse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>kurze Lieferwege</li> <li>kostengünstiger Brennstoff</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lärm-, Staub- und Abgasemissionen</li> </ul>

Da Energieerzeugungsanlagen für einen wirtschaftlichen Betrieb über mehrere Jahrzehnte genutzt werden und meist nicht einfach angepasst werden können, sollten die Vor- und Nachteile der verschiedenen Versorgungssysteme genau betrachtet werden. Dabei sollte nicht nur eine rein technische Perspektive eingenommen werden, sondern gleichermaßen ökonomische, soziale und ökologische Belange sowie Konsequenzen für die anstehende Projektentwicklung (z.B. Zeitverzögerungen) Beachtung finden.

### 3.7 KÜHLUNG VON GEBÄUDEN



Während im Gebäudebereich die Einsparung von Heizenergie im Fokus steht und dafür ein großer Aufwand betrieben wird, steigt die Nachfrage nach Anlagen zur Gebäudekühlung im Sommer. Dies betrifft nicht mehr nur Bürogebäude und andere Nutzbauten, sondern trotz der geringen inneren Wärmelasten immer mehr auch Wohngebäude. Gründe dafür liegen vor allem in den zunehmenden Hitzeperioden im Sommer,



in gestiegenen Komfortansprüchen und in einem oft unzureichenden sommerlichen Wärmeschutz. Während interne und solare Wärmegewinne in der kalten Jahreszeit erwünscht sind, sind sie im Sommer als Wärmelasten unerwünscht. Da bei der Kühlung häufig elektrisch betriebene Kompressionskältemaschinen zum Einsatz kommen, steigt der Energieverbrauch für die Klimatisierung kontinuierlich. (vgl. Ritzenhoff 2016: 40 f.)

Zusätzlich verstärkt wird der Bedarf nach Gebäudekühlung durch den Hitzeinseleffekt in städtischen Quartieren. Die geringe Vegetation, der hohe Anteil an versiegelten Flächen sowie Gebäude und Oberflächen, die Wärme speichern, führen dazu, dass sich in den Sommermonaten lokale Hitzeinseln bilden. Die fehlende Verschattung und Verdunstungskälte sowie die solare Aufheizung der Straßen, Dächer und Fassaden können einen Anstieg der mittleren Temperaturen um ein bis fünf Grad Celsius gegenüber dem Umland verursachen. Daher sollte schon bei der Planung von Quartieren auf die Vermeidung von Hitzeinseln geachtet werden. (vgl. UBA 2011: 24)

Auch wenn der Kühlbedarf auf wenige heiße Tage im Sommer beschränkt ist, schaffen sich immer mehr Haushalte Klimageräte an. Die steigenden Verkaufszahlen von Klimasystemen (z.B. im Jahr 2018 Steigerung von ca. 15-20 % im Vergleich zum Vorjahr; vgl. Website KKA) lassen erkennen, dass der Bedarf nach Kühlung auch im Wohnungsbau steigt. Zum Thema Kühlung von Wohngebäuden und dessen Energiebedarf gibt es bislang wenige Zahlen und Untersuchungen. Aktuelle Zahlen, wie hoch der Energieverbrauch von Klimaanlage in Wohngebäuden ausfällt, konnten in der Literatur nicht recherchiert werden. Das Umweltbundesamt berechnete in einer Studie im Jahr 2011 und einer Plausibilitätsprüfung überschlägig einen Endenergiebedarf von 100-300 GWh Strom pro Jahr. Zudem wurde davon ausgegangen, dass sich in den nächsten 20 Jahren die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Gebäudekühlung im Wohnungsbau verdoppeln werden (vgl. UBA 2011: IV, 11). Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass aktuell nur ungefähr ein bis zwei Prozent der Wohnfläche gekühlt wird, während etwa die Hälfte der Büro- und Verwaltungsgebäude klimatisiert wird (vgl. Website UBA\_I). Nach Branchenangaben verfügen etwa drei Prozent der Deutschen zu Hause über ein eingebautetes Klimagerät. Das Öko-Institut Freiburg geht davon aus, dass es sich dieser Anteil bis zum Jahr 2030 auf 8-13 % erhöhen könnte (vgl. Website FAZ). Der steigende Bedarf nach Kühlung kann sich somit je nach eingesetzter Technik kontraproduktiv auf die Reduzierung der Treibhausgasemissionen auswirken. Gemäß § 3 Abs. 1 EnEV muss bei der Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs auch die Kühlung berücksichtigt werden.

In diesem Zusammenhang müssen auch die treibhauswirksamen Emissionen der in Klimaanlage verwendeten Kältemittel beachtet werden. Durch Lecks, unprofessionelle Entsorgung oder Reparaturen besteht die Gefahr, dass diese Stoffe in die Atmosphäre entweichen. Eine

Berechnung aus dem Jahr 2010 ging davon aus, dass allein 717.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente dadurch entstehen. (vgl. Website UBA\_I)

## Kühlung bei der Planung von Quartieren

Angesichts dieser Rahmenbedingungen sollte bei der Entwicklung neuer Baugebiete auch im Wohnungsbau frühzeitig das Thema Kühlung bedacht werden. Mit fortschreitendem Klimawandel werden die Temperaturen und damit der Bedarf an bzw. der Wunsch nach Kühlung ansteigen. Damit dies nicht zu steigenden CO<sub>2</sub>-Emissionen führt, die wiederum den Klimawandel vorantreiben, müssen umweltfreundliche Kühlsysteme vorgesehen werden. In Frage kommen dafür beispielsweise Wärmepumpen in Kombination mit Fußbodenheizungen. Dabei kann grundsätzlich zwischen aktiver und passiver Kühlung unterschieden werden. Bei der passiven Kühlung wird bei einer Sole-Wasser-Wärmepumpe das niedrigere Temperaturniveau des Erdreichs oder bei der Wasser-Wasser-Wärmepumpe die Temperatur des Grundwassers über einen Wärmetauscher auf das Heizsystem übertragen. Auf diese Weise lässt sich mit wenig Aufwand die Raumtemperatur um etwa drei Grad Celsius absenken. Bei der aktiven Kühlung kommen reversible Wärmepumpen zur Anwendung, die Kälte erzeugen und so eine stärkere Kühlung ermöglichen. Da Strom als Antriebsenergie notwendig ist und der Bedarf an Kühlung mit dem großen Strahlungsangebot im Sommer korrespondiert, sollte dafür PV-Strom verwendet werden (Stichwort: solare Kühlung). Wenn mit Anlagen geheizt und gekühlt wird und dabei das Erdreich genutzt wird, kann zudem eine thermische Regeneration des Untergrunds als positiver Nebeneffekt erreicht werden (vgl. Website Energieexperten\_WP). Neben Wärmepumpen können auch Nahwärmenetze dazu verwendet werden, Gebäude mit Kälte zu versorgen (siehe S. 72). Durch den Verkauf von Kälte im Sommer können mit solchen Systemen zusätzliche Einnahmen generiert werden.

Bei großen Kühlbedarfen v.a. im gewerblichen und industriellen Bereich kommen für die Kühlung auch Ab- oder Adsorptionskältemaschinen in Frage. Diese Anlagen werden anstatt mit Strom mit thermischer Energie angetrieben und sind somit interessant, wenn ein Überschuss an Wärme vorhanden ist. Für den Betrieb einer Adsorptionskälteanlage ist eine Wärmequelle von 65 °C bereits ausreichend, wodurch sich diese Anlagen auch für den Antrieb durch Solarwärme eignen. Eine sinnvolle Variante ist der Betrieb einer Sorptionskältemaschine mit der Abwärme eines Blockheizkraftwerks. Somit kann auch im Sommer die Wärme genutzt werden. Fernwärme mit ausreichend hohem Temperaturniveau ist ebenfalls als Wärmequelle geeignet. (vgl. Website UBA\_I)

## 3.8 WIRTSCHAFTLICHKEIT VON ENERGIEVERSORGUNGSSYSTEMEN

### Vorgehensweise und Rahmenbedingungen

Bei Anlagen für die Energieversorgung handelt es sich um langfristige Investitionsentscheidungen. Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung einer quartiersbezogenen, möglichst regenerativen Energieversorgung ist die Wettbewerbsfähigkeit mit anderen Systemen. Die Kosten gelten als das wichtigste Kriterium für oder gegen ein Versorgungssystem (siehe z.B. Dunkelberg et al. 2018: 20). Eine besondere Schwierigkeit bei quartiersbezogenen Energiekonzepten besteht darin, dass für alle an der Entwicklung beteiligten Akteure eine gewisse Wirtschaftlichkeit und damit Akzeptanz erreicht werden sollte. Wohnungs- und Energieversorgungsunternehmen handeln gemäß ihrem Geschäftszweck nach dem ökonomischen Kalkül, dass Projekte nur dann realisiert werden, wenn sich eine bestimmte Rendite erreichen lässt. Bewohner bzw. Endnutzer haben formal zwar keinen Geschäftszweck, sie greifen aber in der Regel auf das Angebot mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis zurück, wenn sie die Wahl haben. Es sollte vermieden werden, dass Versorgungssysteme beim Bauherrn (Vermieter) im Zuge der Errichtung zu geringen Investitionskosten führen, aber später im Betrieb für den Nutzer (Mieter) hohe Energiekosten entstehen.

Aus Sicht des Anbieters sind vor allem die Wärmegestehungskosten und die erzielbaren Gewinne wichtige ökonomische Kenngrößen, aus Sicht des Endverbrauchers der angebotene Energiepreis und bei Mietwohnungen aus Sicht des Vermieters geringe Investitionskosten bei der Errichtung des Gebäudes. Die Kosten für die technischen Anlagen und den laufenden Betrieb müssen sich für den Versorger durch den Verkauf der Energie zu einem bestimmten Wärmepreis über die Lebensdauer der Anlage refinanzieren und eine Rendite abwerfen. Eine wichtige Frage besteht zudem darin, welchen Energiepreis der Endnutzer noch als akzeptabel ansieht. Bei innovativen Konzepten kann davon ausgegangen werden, dass die Kosten nicht oder nicht wesentlich höher liegen dürfen als bei den konventionellen Versorgungsvarianten. Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit sollte immer auch bedacht werden, dass Preise von fossilen Energieträgern innerhalb kurzer Zeit steigen können, da sie direkt von politischen Rahmenbedingungen abhängen (z.B. Einführung von Steuern).

Auch wenn die Wirtschaftlichkeit das zentrale Kriterium ist, so sollten dennoch bei Entscheidungen für ein bestimmtes Energieversorgungssystem immer auch die Auswirkungen auf die Umwelt und das Klima Berücksichtigung finden (siehe dazu S. 81). Die Betrachtung, ob

ein Versorgungssystem wirtschaftlich darstellbar ist, ist eine komplexe Materie, für die Fachleute mit technischem und betriebswirtschaftlichem Wissen erforderlich sind. Pauschale Annahmen zur Wirtschaftlichkeit verschiedener Systeme können nicht getroffen werden. Für jedes Vorhaben muss projektspezifisch geprüft werden, welche Versorgungssysteme und Betreibermodelle in Frage kommen und wie sich die Kosten darstellen.

### Betreibermodelle

Wenn in Neubauquartieren ein besonderes Energieversorgungssystem umgesetzt werden soll, ist die Frage von zentraler Bedeutung, wer dieses errichtet und betreibt. Bei Versorgungsanlagen in Wohnbebauungen kann grundsätzlich zwischen einem Eigenbetrieb durch die Bauherren bzw. Gebäudeeigentümer (Wohnungsunternehmen) und einem Betrieb durch Dritte (z.B. Contractor > siehe dazu auch S. 87) unterschieden werden. Für einen wirtschaftlichen und effizienten Betrieb kann es sich anbieten, Strom und Wärme nicht sektoral zu betrachten, sondern zu kombinieren.

Falls stromerzeugende Anlagen vorgesehen sind, dann kann es für die Wirtschaftlichkeit vorteilhaft sein, wenn Strom und Wärme von einem Anbieter stammen und gemeinsam in eine Mischkalkulation einfließen. Durch die Einspeisung oder die Direktvermarktung von Strom können die Gesamteinnahmen erhöht werden. Im Vergleich zur Einspeisung führt der direkte Verkauf von Strom (Mieterstrom) an die Bewohner in der Regel zu höheren Einnahmen (siehe S. 47 ff.). Wie im Kapitel Mieterstrom dargestellt, ist der Verkauf von Mieterstrom für Wohnungsunternehmen eine komplizierte Materie, sodass in der Praxis beim Eigenbetrieb oft der gesamte Strom ins Netz eingespeist wird. Daher kann die Einschaltung eines Betreibers, der die gesamte Energieversorgung übernimmt, eine sinnvolle Variante sein. Von deutlich geringeren Preisen kann bei Contracting aber meist nicht ausgegangen werden. In Studien wird darauf hingewiesen, dass die höhere Energieeffizienz infolge einer optimierten Betriebsführung und eines Anlagencontrollings meist durch höhere Betreiberkosten und/ oder ggf. höhere Gewinnerwartungen nahezu ausgeglichen werden (siehe dazu auch S. 87) (vgl. Berliner Energieagentur GmbH 2018: 37-40).

### Berechnungsmethoden

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit gibt es verschiedene statische und dynamische Methoden, die wichtige Grundlagen für die Entscheidungsfindung für ein Energieversorgungssystem liefern. Die verschiedenen

Verfahren führen aber meist zu unterschiedlichen Ergebnissen. Während bei statischen Methoden gleichbleibende jährliche Durchschnittswerte berechnet werden, berücksichtigen dynamische Methoden, dass die Zahlungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen (Zins und Zinseszins). Dynamische Methoden sind somit aussagekräftiger, aber auch aufwändiger und benötigen umfangreichere Datengrundlagen. Mit statischen Methoden sind nur überschlägige Abschätzungen möglich. Zu den verschiedenen Methoden und deren Vor- und Nachteilen lassen sich beispielsweise im Fachbuch „Energiemanagement“ von Geilhausen et. al (2015: 235-280) praxisnahe Erklärungen mit Beispielrechnungen finden.

Häufig Anwendung für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Energieversorgungssystemen findet die VDI Richtlinie 2067 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“. Bei dieser Berechnungsweise werden zunächst sämtliche Ausgaben in kapitalgebundene, betriebsgebundene, verbrauchsgebundene sowie sonstige Kosten unterschieden und ermittelt. Anschließend werden mit einer sog. Annuitätenrechnung sämtliche mit der Energieerzeugung verbundene Ein- und Auszahlungen (inkl. Förderungen) über die Nutzungsdauer auf gleich große jährliche Beträge verteilt. Für die Berechnungen müssen einige technische und ökonomische Kennzahlen festgelegt und Annahmen getroffen werden (z.B. Kalkulationszinssatz, Inflationsrate, Betrachtungszeitraum). Wegen der großen Auswirkungen auf die Berechnungsergebnisse sollte die Festlegung dieser Werte mit großer Sorgfalt erfolgen. Mit diesem dynamischen Verfahren können die zentralen ökonomischen Kenngrößen wie Gesamtkosten oder spezifische Wärmegestehungskosten in Cent pro Kilowattstunde berechnet werden.

## Wirtschaftlichkeit von regenerativen Energieversorgungssystemen



Wenn für ein Neubaugebiet auf übergeordneter Ebene ein innovatives Energieversorgungssystem realisiert werden soll, ist es wichtig, vorab in Varianten die Kosten, auch für den Endverbraucher, genau zu untersuchen. Angesichts der allgemein hohen Kosten für das Wohnen in vielen Städten sollte es vermieden werden, dass Endnutzer (v.a. Mieter) durch hohe Wärmepreise unverträglich belastet werden. Es ist schwer vermittelbar, wenn im ohnehin teuren Neubau für Endnutzer durch innovative, regenerative Systeme hohe Kosten entstehen (siehe z.B. Projekt Gutleutmatten in Freiburg).

Ein wesentliches Problem von Energieversorgungssystemen, die in hohem Maße auf regenerativen Energien basieren, stellt die Wettbewerbsfähigkeit dar. Von Anfang an müssen sie sich mit den vor Ort vorhandenen kon-

ventionellen, auf fossilen Energieträgern basierenden Angeboten messen. Dabei sind die Investitionskosten für technische Anlagen mit regenerativen Energieträgern in der Regel deutlich höher. Oft sind Förderungen notwendig, um innovative, aber meist kostenintensive Versorgungssysteme über die Grenze der Wirtschaftlichkeit zu heben und marktfähig zu machen. Hilfreich für die Bewertung und den Vergleich der Ergebnisse kann es sein, bei Varianten mit fossilen Energieträgern unterschiedliche Preisentwicklungen für den Brennstoff und die CO<sub>2</sub>-Steuer zu berechnen. Um die Klimafreundlichkeit der Versorgungsvarianten zu berücksichtigen, sollte immer auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Versorgungsvarianten berechnet und mit den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen dargestellt werden. Bei den Berechnungen des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes eines Gebäudes oder eines Quartiers kann regenerativ erzeugter Strom, der ins Netz eingespeist wird, in der Gesamtbilanzierung als Gutschrift berücksichtigt werden. Dem System wird quasi gutgeschrieben, dass der regenerativ erzeugte Strom fossil erzeugten Strom aus dem Stromnetz verdrängt. Bei bestehender Fernwärme kann sich ein genauer Vergleich schwierig gestalten, da oft keine genauen Emissionsfaktoren zur Verfügung stehen (v.a. bei KWK). In Ermangelung konkreter Werte kann auf verallgemeinerte Werte wie beispielsweise des „Länderarbeitskreis (LAK) Energiebilanzen“ zurückgegriffen werden (vgl. Website LAK).

### Entscheidungsfindung

Bei der Entscheidung für ein bestimmtes Energieversorgungssystem in einem Neubaugebiet sollten neben der Wirtschaftlichkeit aus Betreibersicht noch folgende Aspekte geprüft werden und in die Entscheidungsfindung einfließen:

- CO<sub>2</sub>-Emissionen und sonstige Auswirkungen auf die Umwelt: Wie viel Treibhausgasemissionen entstehen? Wie viel kostet die Einsparung einer Tonne CO<sub>2</sub> im Vergleich der betrachteten Systeme?
- Anteil an erneuerbaren Energien: Wie hoch ist der Anteil an regenerativen Energien am gesamten Energiebedarf?
- Grad der Eigenversorgung: Wie viel Energie kann im Quartier erzeugt und genutzt werden?
- Nutzung lokal vorhandener Ressourcen: Inwieweit können Energiequellen aus dem Quartier oder dem Umfeld genutzt werden (Synergieeffekte)? Ist eine Einbindung von Bestand möglich?
- Auswirkungen auf die Umwelt: Wie wirkt sich das Versorgungskonzept auf sonstige Umweltbelange in einem Stadtquartier aus (z.B. Lärm- oder Feinstaubemissionen, Anlieferung von Biomasse)?
- Gestaltungsqualität: Wie treten die technischen Anlagen in Erscheinung? Gehen davon unverträgliche Beeinträchtigungen des Stadtbilds aus (z.B. PV-Anlagen in Freiflächen)?

- Raumbedarf, räumliche Anforderungen: Ist die Errichtung der technischen Anlagen in dem neuen Stadtquartier sinnvoll möglich?
- Anpassbarkeit und Flexibilität im Falle neuer Technologien: Bestehen Möglichkeiten in Zukunft das Versorgungssystem zu modifizieren?
- Kosten für den Gebäudeeigentümer/ Bauherren: Welche kurz- und langfristigen Kosten entstehen für den Bauherren? Kann das Versorgungssystem frei gewählt werden?
- Kosten für den Bewohner/ Endnutzer (falls nicht Selbstnutzer): Welche Kosten entstehen für den Bewohner auch im Vergleich zu anderen Versorgungsvarianten? Gibt es Wahlfreiheit bzw. Einflussmöglichkeiten?
- Versorgungssicherheit: Ist der Betrieb des Versorgungssystems langfristig gesichert? Ist der Energieträger langfristig in ausreichender Menge verfügbar (z.B. bei Nutzung von Abwärme)? Bestehen Abhängigkeiten von Dritten und damit Risiken?
- Anforderungen an die Gebäude: Sind besondere bauliche Maßnahmen erforderlich (z.B. Flächenheizungen, Schächte für Installationen, Technikräume)? Müssen Bauherren bestimmte Pflichten erfüllen (z.B. Zurverfügungstellung von Dachflächen für PV-Strom)?
- rechtliche Sicherungen: Ist ein Anschluss- und Benutzungszwang für den wirtschaftlichen Betrieb erforderlich? Welcher Aufwand entsteht für etwaige rechtliche Sicherungen?
- Innovationsgrad/ Vorzeigecharakter: Kann durch die Besonderheit des Energiekonzepts zur Identitätsbildung und Außendarstellung beigetragen werden?

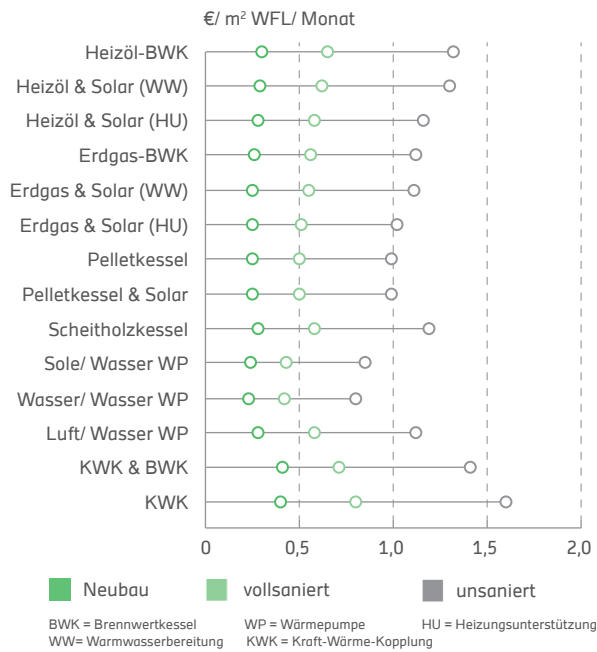
Wartungskosten der Anlage sowie alle Einzahlungen inklusive staatlicher Förderungen über eine Nutzungsdauer von 20 Jahren flossen in die Berechnungen ein. Die Ergebnisse wurden als monatliche Kosten für die Haushalte bezogen auf einen Quadratmeter Wohnfläche dargestellt (spezifische monatliche Heizkosten für Heizung und Warmwasser).

Die abstrakten Berechnungen zeigten, dass bei Anlagen, die erneuerbare Energien nutzen, die Investitionskosten deutlich höher ausfallen als bei konventionellen Anlagen auf Basis fossiler Brennstoffe. Allerdings sind bei Versorgungssystemen mit erneuerbaren Energien später in der Nutzungsphase die Betriebskosten in der Regel deutlich geringer. Die Untersuchung kam insgesamt zum Ergebnis, dass Anlagen mit erneuerbaren Energien für Bewohner Wärme in vielen Fällen zu vergleichbaren Kosten wie fossile Systeme bereitstellen können. Allerdings zeigten sich bei den spezifischen Heizkosten und beim Anteil, der dabei auf die Investitionskosten entfällt, große Unterschiede zwischen den betrachteten Gebäudetypen. Da kleinere Dimensionierungen der Anlagen die Investitionskosten nicht wesentlich senken, lag bei Einfamilienhäusern der Anteil der Investitionskosten an den Wärmebereitstellungskosten bei den Varianten mit erneuerbaren Energien bei knapp über 50 %. Wegen der niedrigen Betriebs- und Wartungskosten machen die Investitionskosten automatisch einen hohen Anteil an den Gesamtkosten aus. Im kleinen Mehrfamilienhaus sank der Anteil der Anschaffungskosten für regenerative Anlagen auf 30 bis 40 % und im großen Mehrfamilienhaus auf 15 bis 40 % der Wärmebereitstellungskosten. Beim Einfamilienhaus bewegten sich die spezifischen monatlichen Heizkosten zwischen 0,58 und 1,32 € pro Quadratmeter Wohnfläche. Die KWK-Anwendungen verursachten die höchsten Kosten, gefolgt vom Pelletkessel und den Heizöltechnologien, die geringsten Kosten fielen bei der Luft-/Wasser-Wärmepumpe an. Im kleinen Mehrfamilienhaus fielen bei den meisten untersuchten Technologien spezifische monatliche Heizkosten zwischen 0,35 und 0,41 € pro Quadratmeter Wohnfläche an, einzig die beiden untersuchten KWK-Technologien lagen über dieser Kostenspanne. Die Vergleichsrechnung ergab, dass im großen Mehrfamilienhaus die spezifischen monatlichen Heizkosten mit einer Spanne zwischen 0,23 und 0,30 € pro Quadratmeter Wohnfläche noch einmal deutlich geringer ausfallen.

## Kostenvergleiche von Anlagen mit fossilen und erneuerbaren Energieträgern

Wie bereits erläutert muss für jedes Vorhaben individuell die Wirtschaftlichkeit von in Frage kommenden Versorgungssystemen untersucht werden, um fundierte Entscheidungen treffen können. Um einige Besonderheiten bei der Wirtschaftlichkeit von fossilen und regenerativen Versorgungssystemen aufzuzeigen, werden im Folgenden beispielhaft Ergebnisse einer Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie dargestellt. In einem Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz im Jahr 2014 wurde die Wirtschaftlichkeit von Anlagen zur Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien untersucht. In dieser Studie wurden die Wärmebereitstellungskosten unterschiedlicher Technologien an Hand von drei typisierten Wohngebäuden verglichen (Einfamilienhaus, kleines Mehrfamilienhaus mit sechs Wohneinheiten, großes Mehrfamilienhaus mit 20 Wohneinheiten). Die Investitionskosten, die Betriebs- und

Abb. 41: spezifische monatliche Heizkosten mit Förderung im großen MFH



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: BMWi 2015: 43

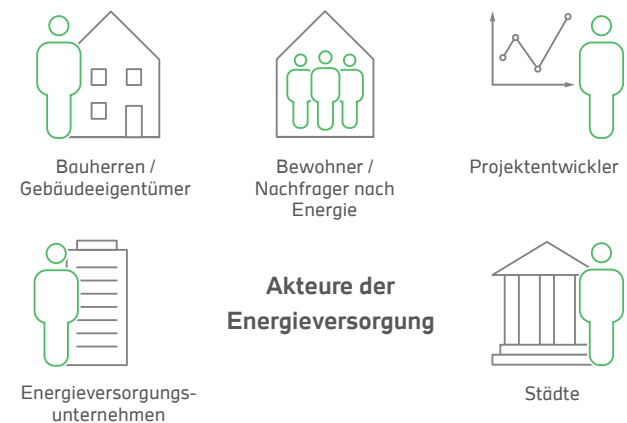
Mit Blick auf die immobilienwirtschaftliche Praxis wird in der Untersuchung der Schluss gezogen, dass sich Investoren wegen der höheren Kosten für erneuerbare Systeme eher für die Anschaffung von konventionellen Anlagen entscheiden. Die abstrakten Wirtschaftlichkeitsvergleiche der verschiedenen Technologien verdeutlichen, dass Anlagen, die erneuerbare Energien nutzen, in vielen Fällen eine wirtschaftliche Alternative zu konventionellen Heizungsanlagen darstellen können, wenn nicht nur die Investitionskosten am Anfang, sondern die Kosten (v.a. Brennstoffkosten) über die gesamte Nutzungsdauer betrachtet werden. Im Falle der Einführung einer CO<sub>2</sub>-Steuer oder einer sonstigen stärkeren Bepreisung von CO<sub>2</sub> würde sich die Wirtschaftlichkeit von regenerativ betriebenen Anlagen im Vergleich zu fossil betriebenen Anlagen deutlich verbessern (vgl. BMWi 2015: 41-44).

### 3.9 AKTEURE DER ENERGIEVERSORGUNG

Bei der Planung, aber auch bei der späteren Nutzung von Stadtquartieren treffen viele Akteure mit unterschiedlichen Interessenslagen und Zielsetzungen aufeinander. Im Folgenden werden die Akteure charakterisiert, die für die Entwicklung eines quartiersbezogenen Energieversorgungssystems relevant oder später davon betroffen sind. Um innovative Versorgungskonzepte umsetzen zu

können und so zu planen, dass sie auf eine möglichst große Akzeptanz und Bereitschaft zur Mitwirkung stoßen, ist es hilfreich, sich die Interessen, Zielsetzungen sowie die Aufgaben und Pflichten der verschiedenen Betroffenen zu vergegenwärtigen und in das Umsetzungskonzept einfließen zu lassen. Da – wie in Kap. 3.8 erläutert – bei der Umsetzung von Energieversorgungskonzepten eine Schwierigkeit darin besteht, dass für alle davon Betroffenen eine gewisse Wirtschaftlichkeit gegeben sein sollte, liegt bei der Beschreibung der Akteure ein Schwerpunkt auf dieser Thematik. Mit Blick auf die verschiedenen Akteure sollte auch immer bedacht werden, dass es sich bei Technologien für die Energieversorgung um eine komplexe Materie handelt, die in vielen Belangen über das Allgemeinwissen von Nicht-Fachleuten hinausgeht. Es kann somit ein erster wichtiger Schritt darin bestehen, die betroffenen Akteure auf einen gemeinsamen Wissensstand zu bringen und bei der Kommunikation darauf zu achten. Bei den folgenden Beschreibungen der Akteure sind die unterschiedlichen Rahmenbedingungen bei Strom oder Wärme zu berücksichtigen. Während bei der Wahl des Stromanbieters und bei der Art des Stroms (Stichwort Ökostrom) Wahlfreiheit für den Endnutzer besteht, ist dies bei der Wärme oft nicht gegeben und auch nicht gesetzlich vorgeschrieben.

Abb. 42: Akteure der Energieversorgung



Quelle: eigene Darstellung

#### Bauherren und Gebäudeeigentümer



Bei den Bauherren von Wohngebäuden kann zwischen privatwirtschaftlichen Unternehmen, Wohnungsunternehmen mit Beteiligung der öffentlichen Hand, Privatpersonen, Genossenschaften sowie Wohnprojekten und Baugemeinschaften unterschieden werden. Grund-

sätzlich kann dabei die Unterscheidung getroffen werden, ob die Bauherren die Wohnungen im Bestand halten und vermieten oder später als Eigentumswohnungen veräußern. Je nachdem, wie der Bauherr das Gebäude anschließend verwertet (Vermietung, Veräußerung, Selbstnutzung), ist er nach der Fertigstellung nicht mehr oder nur sehr eingeschränkt von der Entscheidung für ein bestimmtes Energieversorgungssystem betroffen. Er profitiert somit nicht von den Vorteilen, die bei vielen regenerativen Versorgungssystemen über die Laufzeit eintreten. Die Art der Wärmeversorgung können Bauherren üblicherweise frei wählen. Einschränkungen können sich aber z.B. aus einem Anschluss- und Benutzungszwang an ein Wärmenetz (siehe S. 146) oder aus dem Ausschluss von bestimmten Heizungsanlagen im Bebauungsplan ergeben. Während Bauherren von Einfamilienhäusern, bei denen es sich meist um Selbstnutzer handelt, selber über die Art der Wärmeversorgung entscheiden können, trifft bei Mehrfamilienhäusern der Bauherr diese Entscheidung für die späteren Bewohner. In den meisten Fällen treffen Bauherren ihre Entscheidung für die Heizungsart vorrangig unter ökonomischen Gesichtspunkten. Belange wie Umwelt- und Klimaschutz, der Komfort, ein geringer organisatorischer Aufwand, Imagegewinn oder Vorteile bei der Vermarktung können ebenfalls eine Rolle spielen. Investoren im Wohnungsbau setzen oft auf sich schnell amortisierende Systeme. Effiziente und klimafreundliche Systeme sind allerdings meist mit höheren Investitionen verbunden, die sich erst durch langfristige Energieeinsparungen und die Nutzung von erneuerbaren Energien rechnen. In Mietgebäuden legt der Vermieter die Herstellungskosten für die Raumwärme und das Trinkwarmwasser auf Grundlage der Betriebs- und der Heizkostenverordnung auf die Mieter um. Während der Mieter von den niedrigen Kosten profitiert, hat der Vermieter davon keinen direkten Nutzen, sondern möglicherweise nur die höheren Aufwendungen für die technischen Anlagen. Wenn Investitionen unterbleiben, weil sie sich für den Bauherren langfristig nicht rechnen, sondern nur der Nutzer davon profitiert, dann wird vom Nutzer-Investor-Dilemma gesprochen. Dies ist ein großes Problem im Mietsegment und tritt vor allem bei energetischen Maßnahmen auf, da diese beim Bauherren Kosten verursachen, während der Vermieter davon profitiert. Bei der Planung eines Neubaus müssen die Bauherren entscheiden, ob sie lediglich die Anforderungen der EnEV und des EEWärmeG einhalten oder ob sie möglicherweise über die gesetzlichen Vorgaben hinausgehen. Da höhere Energiestandards zu Mehrkosten führen und der Vermieter nicht von der Minderung des Verbrauchs profitiert, tendieren Wohnungsunternehmen insbesondere im Mietwohnungsbau dazu, lediglich die vorgeschriebenen energetischen Mindestanforderungen einzuhalten. In vielen Städten werden Bauherren bei der Entwicklung von Baugebieten wegen des Mangels an bezahlbarem Wohnraum verpflichtet, preisgebundene Mietwohnungen

zu errichten (Sozialquoten). Gerade solche Vorhaben stehen wegen der Mietobergrenzen unter einem großen wirtschaftlichen Druck und müssen alle verfügbaren Einsparpotenziale nutzen.

Bei der Entwicklung von Baugebieten ist es Städten oft wichtig, dass nicht nur professionelle Akteure zum Zug kommen, sondern auch Baugruppen Gebäude errichten und besondere Wohnprojekte entstehen. Es handelt sich dabei meist um Akteure, die ambitionierte Konzepte – u.a. beim Thema Energie – umsetzen möchten (z.B. Turley in Mannheim: Projekt des Mietshäusersyndikats). Solche Projekte können sowohl in sozialer, aber auch ökologischer Hinsicht einen wichtigen Beitrag zur Quartiersentwicklung leisten. Auf ausreichende Freiheiten für solche Akteure sollte daher bei der Ausgestaltung der Rahmenbedingungen geachtet werden.

Prinzipiell haben Bauherren die Möglichkeit, die technischen Anlagen für die Wärmeversorgung selber zu errichten und zu betreiben (Eigenbetrieb) oder diese Aufgaben an spezielle Dienstleister (Contracting) zu übertragen. Für die Organisation des Fremdbetriebs gibt es unterschiedliche Modelle mit verschiedenen Vor- und Nachteilen (siehe dazu auch S. 80, 86 f.). Wenn der Bauherr die Planung, Errichtung und Betrieb der Heizungsanlage an einen Contractor überträgt, kann er Planungs- und Investitionskosten sowie Risiken vermeiden. Nicht unberücksichtigt bleiben darf, dass Contracting-Modelle unter Umständen bei Endnutzern zu höheren Kosten führen, wenn die Kosten nicht genau zwischen Vermieter und Contractor aufgeteilt werden. Bei Contracting ist darauf zu achten, dass Vermieter sämtliche mit der Heizungsanlage verbundene Kosten nicht mehr bei der Miete einfließen lassen, da die Kosten für die Instandhaltung, Wartung und den Betrieb sowie Kapitalkosten und weitere Kosten (z.B. Gewinnmargen) im Wärmepreis des Contractors enthalten sind (vgl. Schumacher 2011: 21 f.; siehe dazu auch S. 87). Beim Strom haben Bauherren von Mehrfamilienhäusern nur die Möglichkeit, über Mieterstrom einen direkten Beitrag zu einer klimafreundlichen Versorgung zu leisten. Wie bereits dargestellt können mietfremde Einnahmen aus der Direktvermarktung von Strom bei Wohnungsunternehmen zu steuerlichen Problemen führen. Daher verzichten Wohnungsunternehmen häufig darauf, in ihren Objekten Strom zu erzeugen.

## Bewohner bzw. Nachfrager nach Energie



Bei den Bewohnern von Stadtquartieren kann grundsätzlich zwischen Mietern und Selbstnutzern unterschieden werden. Auch für Bewohner sind die Kosten für die Energie ein wichtiges Kriterium, wobei in der Regel nur beim Strom Wahlfreiheit besteht. Denn im Mehrfamilienhausbau entscheidet der Bauherr des

Wohngebäudes über das Heizungssystem. Die Themen Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen haben für Bewohner einen unterschiedlichen Stellenwert. In verschiedenen Studien wurde festgestellt, dass energetische Standards von Gebäuden nicht entscheidend für die Miet- oder Kaufentscheidung sind. Wichtiger sind die Lage, die Ausstattung und die Miet- bzw. Kaufpreise der Wohnungen (z.B. Difu 2017: 39 f., Lessing et al. 2016). Inwieweit Bewohner in der Lage und auch bereit sind, für regenerative Energieprodukte (z.B. Ökostrom, Biogas) höhere Preise zu zahlen, ist eine zentrale Frage, die nur schwer zu beantworten ist und von verschiedenen Faktoren abhängt. In Studien werden u.a. Alter, Bildung, Einkommen sowie Werte und Einstellungen als wichtige Merkmale dafür genannt (z.B. McKenna/ Herbes/ Fichtner 2015: 10 f.). In einer 2018 durchgeführten repräsentativen Befragung zum Umweltbewusstsein (im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) zeigte sich beispielsweise, dass immerhin 38 % der Befragten Ökostrom beziehen. 47 % der Befragten beziehen konventionellen Strom und 15 % konnten die Frage gar nicht beantworten (vgl. BMU 2019b: 70). Laut Medienberichten nimmt – angestoßen durch die intensive Klimaschutzdebatte – die Nachfrage nach Ökostrom zu (vgl. Website SPON\_Strom). Der Energiekonzern E.on berichtete im Juni 2019, dass innerhalb eines Jahres der Anteil an Ökostromkunden um ca. 30 % gestiegen sei (vgl. Website E.on).

Im Jahr 2018 gab ein Haushalt in Deutschland durchschnittlich 1.695 € pro Jahr bzw. 141 € pro Monat für Raumwärme, Trinkwarmwasser und Strom aus (vgl. BMWi 2019b: Tabelle 28). Angesichts der aktuell hohen und weiter steigenden Kosten für das Wohnen sollte es bei der Entwicklung von Baugebieten ein zentrales Ziel sein, die Energiekosten für die Bewohner möglichst gering zu halten (Stichwort: zweite Miete). Bei innovativen Versorgungssystemen, die meist mit höheren Investitionskosten verbunden sind, sollten sich die Projektverantwortlichen intensiv mit der Frage auseinandersetzen, welche Kosten für den Endnutzer entstehen. Wesentlich höhere Preise im Vergleich zu konventionellen Versorgungsvarianten sind vermutlich schwierig darstellbar. Der Versorgungs- und Kostensicherheit für die Bewohner sollte bei der Planung und Entscheidungsfindung eine hohe Priorität eingeräumt werden.

Während bei der Wärme Wohnungsmieter in der Regel keine Einflussmöglichkeiten haben, können sie beim Strom frei den Anbieter oder Ökotarife wählen. Mieter haben allerdings nur die Möglichkeit, direkt am Wohngebäude erzeugten Strom zu nutzen, wenn der Vermieter oder ein sonstiger Anbieter Mieterstrom bereithält (siehe S. 47 ff.). Es gibt auch Möglichkeiten, dass sich Bewohner selber in Energiegenossenschaften oder sonstigen Einrichtungen an der Energieerzeugung beteiligen. Auch Bewohner sind wichtige Akteure für die Umsetzung von Klimaschutzzielen, da das Nutzerverhalten einen

großen Einfluss auf den Strom- und Wärmeverbrauch und somit auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Quartieren hat. Bei Baugebietenentwicklungen mit ambitionierten Klimaschutzzielen sollte daher auch unbedingt beim Verhalten der Bewohner angesetzt werden (siehe Handlungsfeld 5). In den Stadtquartieren, die im Fokus der vorliegenden Publikation liegen, fragen aber nicht nur Bewohner, sondern auch sonstige Nutzer wie Gewerbe- oder Handeltreibende, Dienstleister oder öffentliche Einrichtungen Strom und Wärme nach. Diese Nutzer stellen meist andere Anforderungen an die Energieversorgung und können möglicherweise auch einen Beitrag zu einem innovativen Energiekonzept leisten (z.B. Einspeisung von Abwärme eines Supermarkts). Bei einigen Nutzungen (z.B. Büros, Arztpraxen) kann davon ausgegangen werden, dass die Räumlichkeiten im Sommer gekühlt werden. Neben Wohnen sollten daher je nach Planungen für das neue Quartier auch die sonstigen Nutzungen von Anfang an im Energiekonzept berücksichtigt werden.

## Projektentwickler



Bei größeren Baugebietenentwicklungen befinden sich die Grundstücke oft zunächst im Eigentum eines Projektentwicklers, der die Planungen und die

Erschließung übernimmt und anschließend erschlossene Grundstücke mit Baurecht veräußert. Neben privatwirtschaftlichen Projektentwicklern gibt es zahlreiche Städte, die kommunale Entwicklungsgesellschaften gegründet haben, um strategisch wichtige Flächen in eigener Regie entwickeln zu können (z.B. MWSP in Mannheim für die Entwicklung der Kasernenareale). Die Auswertung von Quartiersentwicklungen im Forschungsprojekt *i\_city* (siehe Kap. 4) zeigte, dass viele Vorzeigeprojekte auf Flächen entstanden sind, die Kommunen oder kommunale Gesellschaften entweder schon besaßen oder zwischenerworben und selber entwickelt haben.

Da Erschließungsträger die gesamte technische Infrastruktur im Vorfeld planen und errichten (lassen), kommt ihnen bei der Frage, wie ein Baugebiet mit Energie versorgt und ob ein quartiersbezogenes Versorgungskonzept umgesetzt wird, eine entscheidende Rolle zu. Wenn Projektentwickler sämtliche Grundstücke nach der Entwicklung veräußern, dann haben sie keinen direkten Nutzen davon, wenn ein effizientes Versorgungssystem mit langfristig finanziellen Vorteilen errichtet wird. Es ist eher mit einem zeitlichen und organisatorischen Mehraufwand zu rechnen. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass Projektentwickler eher ungern auf wenig erprobte und kostenintensive Technologien zurückgreifen oder Grundstückskäufern Pflichten auferlegen (z.B. Anschlusszwang). Städte sollten sich daher frühzeitig mit dem Projektentwickler – neben anderen Themen

– über die Vorgehensweise und die Ziele beim Thema Energie verständigen. Um ambitionierte Klimaschutzziele durch- bzw. umsetzen zu können, bieten sich kooperative Modelle der Baulandentwicklung an, im Rahmen derer Projektentwickler auch zu Maßnahmen im Bereich der Energieversorgung verpflichtet werden (z.B. städtebaulicher Vertrag). Da die Grundstücke weiterveräußert werden, ist es von großer Bedeutung, bei sämtlichen Bestimmungen und Verpflichtungen die Übertragung auf Rechtsnachfolger zu regeln.

## Energieversorgungsunternehmen



Die Aufgaben von Energieversorgern umfassen die Erzeugung, Verteilung und Abrechnung von Energie. Häufig sind die Unternehmen zugleich Be-

treiber der Erzeugungsanlagen und der Netze. Wenn in einem Baugebiet ein quartiersbezogenes Versorgungssystem aufgebaut werden soll, sind geeignete Akteure erforderlich, die die Planung, Errichtung und den Betrieb übernehmen. In Abhängigkeit der spezifischen Rahmenbedingungen gibt es verschiedene Organisationsmodelle für den Aufbau und langfristigen Betrieb (z.B. Untersuchung von Dunkelberg et al. 2018: 18). Wie im Kapitel Wirtschaftlichkeit (3.8) erläutert, sind die Refinanzierung der Investitionen und die Erwirtschaftung einer bestimmten Rendite zentrale Voraussetzungen für den Aufbau eines Energieversorgungssystems.

Die tiefgreifenden Veränderungen im Zuge der Energiewende und des anstehenden Atom- und Kohleausstiegs führen bei vielen Energiekonzernen zu Einbußen und Umstrukturierungen. Die Rolle der Energieversorger befindet sich im Wandel – weg vom Produzenten und Verkäufer von Energie hin zum Dienstleister und Systembetreuer. Viele Energieversorger bauen sich derzeit neue Geschäftsfelder im Bereich der Quartiersentwicklung auf. Neben Wärme und Strom bieten diese oft weitere Versorgungsinfrastruktur für Kommunikation (z.B. Glasfaser) oder Mobilität an (z.B. Contracting, Beratungen, Analysen, Konzeptentwicklungen, Betrieb und Wartung von Anlagen, Abrechnungsmodelle, Mieterstrommodelle). Wenn die gesamte Energieversorgung eines Objekts von einem Energielieferanten übernommen wird, dann wird von Contracting gesprochen (siehe auch S. 87).

### Strom

Seit der Liberalisierung des Strommarkts 1998 in Deutschland können alle Stromanbieter rechtlich geregelt auf das Stromnetz zugreifen und vom Verbraucher frei gewählt werden. Dies führte zu einer großen Vielfalt an Anbietern und zu einer großen Konkurrenz um Kunden. Untersuchungen haben ergeben, dass Haushaltskunden durchschnittlich zwischen 124 Lieferanten wählen

können. Im Jahr 2017 haben mehr als 4,7 Mio. Haushalte ihren Stromlieferanten gewechselt. Die Marktanteile der großen Energieversorger, die in zentralen Großkraftwerken Energie erzeugen, nehmen seit Jahren kontinuierlich ab (vgl. Website Agentur für Erneuerbare Energien; Bundesnetzagentur/ Bundeskartellamt 2018: 7, 9). Immer mehr mittelgroße und kleine lokale Unternehmen sowie Stromdiscounter drängen auf den Markt. Zu wichtigen Akteuren auf dem Energiemarkt haben sich Stadtwerke entwickelt, die verstärkt in erneuerbare Stromerzeugung, in KWK und in Wärmenetze investieren (vgl. Hamburg Institut Research gGmbH 2015: 45).

Neben klassischen Anbietern von Ökostromtarifen gibt es sog. „echte Ökostromanbieter“, die sich dadurch auszeichnen, dass sie nur Strom aus 100 % erneuerbaren Energien anbieten und einen Teil ihrer Erlöse in den weiteren Ausbau von Wind, Sonne, Wasser und Biomasse investieren (z.B. Naturstrom AG, Polarstern GmbH). Oft bieten solche Unternehmen auch an, für Quartiere regenerative Energieversorgungskonzepte zu entwickeln und umzusetzen (vgl. Website Stromauskunft). Zudem produzieren immer mehr Gebäudeeigentümer eigenen Strom, den sie entweder selber nutzen, an Mieter veräußern oder ins Stromnetz einspeisen.

### Stadtwerke

In vielen Städten gibt es eigene Stadtwerke, die neben anderen Aufgaben Strom, Gas und auch Fernwärme anbieten. Einige Stadtwerke verfügen über eigene Kraftwerke und sind im Bereich Umweltschutz und regenerative Energien sehr aktiv. Die Stärken von Stadtwerken liegen vor allem in der lokalen und politischen Verankerung, der Möglichkeit der örtlichen Erschließung von Energieressourcen und in der Nähe zu den Bürgern. Die sinkenden Gewinne aus dem Stromverkauf infolge der großen Konkurrenz treffen auch Stadtwerke und können für Kommunen als Gesellschafter von Stadtwerken problematisch werden. Denn in vielen Städten unterstützen Stadtwerke mit ihren Erlösen die Wahrnehmung oft defizitärer Aufgaben wie Schwimmbäder oder öffentlicher Nahverkehr. Ergebnismrückgänge bei Stadtwerken können sich auch unmittelbar auf kommunale Haushalte und die Finanzierung von städtischen Aufgaben auswirken. Die Autoren einer Studie aus dem Jahr 2017, die sich mit städtischen Haushalten unter dem Einfluss der Energiewende beschäftigt, gehen davon aus, dass die zu erwartenden Gewinneinbußen von Stadtwerken in vielen Kommunen zwangsläufig zu Haushalts- und Leistungskürzungen führen werden (vgl. Rottmann/ Grüttner/ Sydow 2017).

### Bürgerenergie/ Beteiligungsprojekte

Besonders interessant für die Entwicklung von Stadtquartieren sind Modelle, bei denen die Bürger bzw. die Bewohner die Energieversorgung in die Hand nehmen und in lokale Gemeinschaftsanlagen investieren. Dies ist



in unterschiedlichen Rechtsformen möglich (z.B. GbR, GmbH, Genossenschaft). Die Rendite wird dabei über die Vergütungen aus dem EEG erwirtschaftet und gilt als sichere und ökologisch sinnvolle Geldanlage. Bürgerenergie bedeutet mehr Basisdemokratie, Teilhabe und Identifikation. Die Bezieher von Energie erhalten dadurch Einfluss auf betriebswirtschaftliche Entscheidungen und die Ausgestaltung der Energieversorgung. Da bei neuen Baugebieten zum Zeitpunkt der Errichtung der technischen Anlagen die Bewohner oft noch nicht bekannt sind, gilt es Modelle zu entwickeln, an denen sich die Bewohner auch später noch beteiligen können. (vgl. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2018)

### Contractoren

Wie bereits beim Akteur „Bauherr“ angedeutet, können die Errichtung und der Betrieb von Energieversorgungsanlagen externen Dienstleistern übertragen werden. Gemäß DIN 8930-5 handelt es sich bei Contracting um die zeitlich und räumlich abgegrenzte Übertragung von Aufgaben der Energiebereitstellung und -lieferung auf einen Dritten, der im eigenen Namen und auf eigene Rechnung handelt. Contracting stellt eine Alternative zur Eigenversorgung durch den Vermieter dar, der damit von Aufgaben entlastet wird, die in der Regel nicht zu seinen Kernkompetenzen zählen.

Contracting kommt sowohl für Wärme als auch für Strom in Frage und kann bei der Umsetzung von innovativen Energieversorgungssystemen eine wichtige Rolle spielen. Contracting kann einen effizienten Umgang mit Energie befördern, wenn beispielsweise der Contractor bei einem vereinbarten Wärmepreis nur durch Optimierung der Anlage die Wirtschaftlichkeit für sich verbessern kann. Spezialisierte Unternehmen können in der Regel Energie in ökologischer und ökonomischer Hinsicht günstiger erzeugen als Wohnungsunternehmen. Mit einem umfassenden Energie-Contracting werden Wohnungsunternehmen von den Investitionen in die Versorgungstechnik, von der organisatorischen Umsetzung und vom Betrieb sowie vom Betriebsrisiko entlastet. Daher kann Contracting für Wohnungsunternehmen vor allem bei der Umsetzung technisch-komplexer und kostspieliger Lösungen attraktiv sein (vgl. MPW Institute LLC 2018: 6; BBU 2015: 9 f.). Wenn Bauherren von Neubauten auf Contracting-Modelle zurückgreifen, müssen die Wohnmieten entsprechend gesenkt werden, da für den Vermieter keine Kosten für die Heizungsanlage anfallen. Die Investitionskosten zahlt der Endnutzer über den Wärmepreis an den Contractor. Eine Studie aus dem Jahr 2017 stellte fest, dass bislang nur eine geringe Marktdurchdringung durch Contracting stattgefunden hat. (vgl. MPW Institute LLC 2018: 4).

### Städte



Die Energieversorgung von Stadtquartieren ist keine kommunale Pflichtaufgabe und wird bisher oft auch nicht als vordringliche Planungsaufgabe angesehen. Dabei verfügen Städte über einige Einfluss- und Steuerungsmöglichkeiten, um bei der Entwicklung von Baugebieten eine möglichst effiziente und regenerative Energieversorgung voranzutreiben. Bisher fordern nur wenige Städte wie z.B. Freiburg bei der Entwicklung von Baugebieten standardmäßig die Untersuchung der Energieversorgung ein. Beim Thema der quartiersbezogenen Energieversorgung lassen sich ein sehr unterschiedliches Aufgaben- und Rollenverständnis der Städte feststellen. Einige Städte verfügen über Klimaschutzstrategien oder sonstige informelle Konzepte, aus denen die Maßnahmen abgeleitet werden. Städte haben im Rahmen ihrer Planungshoheit und sonstigen Einflussmöglichkeiten verschiedene Optionen, eine klimaschonende Energieversorgung von neuen Quartieren zu forcieren (siehe Handlungsfeld 1, S. 138 ff.). Wie in Kap. 2.2 beschrieben sind sie gemäß § 1 Abs. 5 BauGB bei der Bauleitplanung sogar dazu verpflichtet, Belangen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung Rechnung zu tragen. Zu den wichtigsten Instrumenten gehören der städtebauliche Vertrag sowie der Bebauungsplan. Wenn zum Beispiel in einem neuen Baugebiet ein Wärmenetz errichtet wird, können auf Städte unterschiedliche Aufgaben im Laufe des Entscheidungs- und Umsetzungsprozesses zukommen. Städte erteilen die erforderlichen Genehmigungen, gestatten die Nutzung der öffentlichen Straßen und erheben die Gestattungsentgelte. Möglicherweise ist die Stadt sogar über das Stadtwerk an dem neuen Versorgungssystem beteiligt. Darüber hinaus stehen Städten verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, eine Anschluss- und Benutzungspflicht an ein Wärmenetz durchzusetzen (siehe S. 146 f.) und somit die Wirtschaftlichkeit bzw. die Planungssicherheit für den Betreiber zu erhöhen. Wenn Städte im Eigentum der Entwicklungsfelder sind, haben sie zudem weitreichende Optionen, über die Vermarktung und den Verkauf von Grundstücken Maßnahmen privatrechtlich durchzusetzen (z.B. im Kaufvertrag). Die vielfältigen Möglichkeiten, die Entstehung von klimafreundlichen Energieversorgungssystemen voranzutreiben, sind in Handlungsfeld 1 aufgearbeitet.

# PROJEKTANALYSEN

90 Vorgehensweise

91 Projekte im Überblick

99 Erkenntnisse aus den Projektanalysen



4

# 4 PROJEKTANALYSEN

## 4.1 VORGEHENSWEISE

Zu Beginn des i\_city-Forschungsvorhabens wurden Projekte recherchiert und systematisch ausgewertet, bei denen besondere Maßnahmen im Bereich Klimaschutz umgesetzt wurden. Ziel der Untersuchung war es, sich einen aktuellen Überblick darüber zu verschaffen, welche innovativen Konzepte in der Praxis bereits realisiert wurden und wie dabei strategisch vorgegangen wurde. Wegen der großen Relevanz für die Treibhausgasemissionen lag ein Fokus der Recherchen auf dem Thema Energieversorgung.

Als Hauptkriterium für die Auswahl wurde festgelegt, dass es sich um Neubaugebiete mit einem hohen Anteil an Geschosswohnungsbau handeln muss, bei denen in mehreren vorab definierten Handlungsfeldern besondere Maßnahmen umgesetzt wurden bzw. werden. Projekte mit überwiegend Ein- und Zweifamilienhäusern wurden nicht betrachtet, weil in diesen Gebieten wegen der geringen Dichte und der Eigentümerstruktur insbesondere beim Fokusthema Energieversorgung die Rahmenbedingungen nicht vergleichbar sind. Diese Siedlungsstrukturen bieten beispielsweise große Dach- und Freiflächen, sodass im Vergleich zum Geschosswohnungsbau eine hohe Eigenversorgung (PV auf Dach) wirtschaftlich und technisch wesentlich einfacher umsetzbar ist. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass Klimaschutzmaßnahmen bei Selbstnutzern, die in Eigenheimquartieren überwiegend anzutreffen sind, auf größeres Interesse stoßen als beispielsweise bei Bauträgern oder Vermietern. Insbesondere die Internetrecherchen in einschlägigen Suchmaschinen, in denen verschiedene Begriffe wie „Siedlung“ und „Quartier“ mit Begriffen wie „Klimaschutz“, „Plusenergie“, „CO<sub>2</sub>-neutral“ kombiniert wurden, zeigten, dass sich in Neubaugebieten mit Einfamilienhäusern deutlich häufiger ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen finden lassen als in verdichteten Stadtquartieren (z.B. zero:e park Wettbergen in Hannover als größte Null-Emissionssiedlung in Europa, Energie-Plus-Siedlung Vordere Viehweide in Wüstenrot).

### Auswahl der Projekte

Mit Hilfe von Recherchen in der Literatur, in fachrelevanten Studien und Zeitschriften sowie im Internet wurden Projekte mit besonderen Ansätzen im Bereich Klimaschutz gesammelt und gesichtet. Anschließend wurden 13 Projekte für eine genauere Untersuchung ausgewählt.

Bei der Auswahl wurde darauf geachtet, dass die vorab definierten Handlungsfelder ungefähr gleichmäßig in den Projekten vertreten sind und somit beispielhaft untersucht werden können. Da neben der Energieversorgung eine wesentliche Fragestellung des Forschungsprojekts darin bestand, wie Städte (v.a. Verwaltung) die Entwicklung von besonders klimaschonenden Quartieren vorantreiben können, sollten diesbezüglich vorbildliche Projekte in der Auswahl vertreten sein. Die Projektanalysen sollen Rückschlüsse zulassen, welche Strategien und Maßnahmen dazu beitragen in neuen Baugebieten ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen umzusetzen. Hinsichtlich der Größe der Vorhaben schien es zielführend, ein möglichst großes Spektrum an Projekten in die Untersuchung einzubeziehen – vom Stadtteil bis zu wenige Gebäude umfassenden Wohnanlagen. Auch wenn aktuell in vielen Städten kleinere Vorhaben der Innenentwicklung als Planungsaufgabe dominieren, wurden dennoch auch große Stadtentwicklungsprojekte in die Untersuchung einbezogen, bei denen besondere Konzepte und Innovationen realisiert wurden, die möglicherweise auch auf kleinere Vorhaben übertragbar sind. Die ausgewählten Projekte stammen aus Deutschland. Damit ist angesichts der im Bereich Energie international sehr unterschiedlichen gesetzlichen und politischen Rahmenbedingungen eine hohe Übertragbarkeit gewährleistet.

### Vorgehensweise bei der Untersuchung

Die ausgewählten Projekte wurden mit Hilfe eines Rasters untersucht, das auf Grundlage der Auswertung von Fachliteratur zu Beginn des Forschungsprojekts entwickelt wurde. Im Folgenden werden in Stichworten die wichtigsten Kenndaten und Grundlagen sowie die Ziele und Besonderheiten erläutert. Maßnahmen in den Bereichen Energieversorgung, Gebäudestandard und Mobilität werden in Kurzform herausgearbeitet.

Für die Analyse wurde insbesondere auf verfügbare Informationen im Internet zurückgegriffen. Einige Projekte sind in Publikationen ausführlich dokumentiert oder waren Gegenstand von Untersuchungen in Forschungsprojekten, sodass detaillierte Informationen vorliegen. Die Quellen-/ Informationslage war insgesamt sehr gut, aber je nach Projekt sehr unterschiedlich. Die Recherchen ließen erkennen, dass beispielsweise auf städtischen oder sonstigen Internetseiten (z.B. von Projektentwicklern, Verbänden) sowie in der lokalen Presse ausführlich über besondere Stadtentwicklungsprojekte berichtet wird. Einige Projekte verfügen über eigene Internetauftritte mit

umfangreichem Informationsmaterial. Ebenso ließen sich zu vielen Projekten in den Bürger- bzw. Ratsinformationssystemen der jeweiligen Städte Vorlagen und Anträge finden, die in den städtischen Gremien beraten wurden. Für weitere eigene Informationen finden sich im Anhang (S. 187) zu jedem Projekt die verwendeten Quellen.

## 4.2 PROJEKTE IM ÜBERBLICK

### Bad Aibling: Nullenergiestadt Mietraching

<b>Stadt</b>	18.500 EW, Bayern
<b>Bauzeit</b>	seit 2007
<b>Größe</b>	70 ha; ca. 200 WE
<b>städt. bauliches Konzept</b>	*Mischbebauung aus freistehenden Einfamilien-, Reihen- + Doppelhäusern, kleine + große Mehrfamilienhäuser, Hochhaus, Bestandsgebäude (Sanierung) *Integration von Neubauten in Bestandsstruktur *„Heizikone“ durch renommierten Architekten an zentraler Stelle (Biomassekraftwerk)
<b>Nutzungen</b>	Wohnen, Gewerbe, Büros, Schulen, Kiga, Fußball-Internat, Hotel mit Konferenzzentrum; ca. 800 Arbeitsplätze
<b>Projektentwicklungsstrategie</b>	*2005 Erwerb der gesamten Militärbrache durch ambitionierten Investor *2012 Ausschreibung von internationalem Wettbewerb „City of Wood“ durch Investor für Städtebau + Hochbauten: Ideen für vorbildliches, kostengünstiges Bauen mit Holz als Aufgabenstellung (Siegerprojekte z.B. von Matteo Thun, Hermann Kaufmann) *Umsetzung in 3 Bauabschnitten
<b>Projektbeteiligte</b>	*privater Investor (B&O) *verschiedene Architekten *Forschungsprojekte: TU München, Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Hochschule Rosenheim
<b>Ziele/Besonderheiten</b>	*Ziel: emissionsfreie Siedlung (City of Wood); Nullenergiestadt *Förderung als Modellprojekt der Forschungsinitiative EnEff:Stadt (Versuchsgelände für Wohnungswirtschaft) *4 Leitideen: 1. Nachhaltige, CO <sub>2</sub> -freie Energieversorgung, dezentral + autark. 2. Innovativer Holzbau in Niedrigenergiebauweise. 3. Wohnen und Arbeiten an einem Ort. 4. unterschiedliche Modernisierungsstandards als Beispiele für die Wohnungswirtschaft
<b>Energieversorgung</b>	*Erarbeitung von Energieversorgungskonzept mit Prüfung verschiedener Varianten *Nahwärmeverorgung (Biomasse- + Erdgasheizwerke, Solarthermie auf Dächern; Spitzenlastkessel, Pufferspeicher, tw. Einspeisung in Fremdnetz) *dezentrale Speicher- + Wärmepumpen in einigen Gebäuden *Solarpark auf Freifläche *Hackschnitzel-Heizhaus als Energieikone inszeniert *allerdings Plusenergiebilanz nur wegen großem PV-Feld sowie PV-Elementen auf Hangar (Netzeinspeisung) *Monitoring der Energiebilanz im Rahmen von EnEff:Stadt

### Gebäude (Energiestandard etc.)

- \*verschiedene Energiestandards (u.a. Solar Decathlon-Haus)
- \*v.a. Holzbauten (z.B. ca. 25 m hohes Hochhaus als 1. Hochhaus Deutschlands nahezu ausschließlich aus einheimischen Hölzern)
- \*Realisierung von verschiedenen Testfassaden (z.B. Lüftungs- und Kollektorfassade)

Abb. 43: Projekt Holz 4 in Nullenergiestadt (Schankula Architekten)



Quelle: Sebastian Schels

### Esslingen: Neue Weststadt

<b>Stadt</b>	91.500 EW, Baden-Württemberg
<b>Bauzeit</b>	2016-2020
<b>Größe</b>	13 ha; ca. 600 WE
<b>städt. bauliches Konzept</b>	*Blockrandbebauung mit Geschosswohnungsbau (4-6 Geschosse) *Wohn- + Geschäftsquartier in unmittelbarer Nähe zu Bahnhof auf ehemaligem Güterbahnhof; im Westteil neue Hochschule
<b>Nutzungen</b>	Wohnen (v.a. Miete), Arbeiten, Hochschule
<b>Projektentwicklungsstrategie</b>	*2011 Erwerb der Flächen durch Stadt *2011 städt. baulicher Wettbewerb (Auslobung durch Stadt) *Investorenauswahlverfahren für Bebauung > Veräußerung eines großen Teilbereichs an einen Investor > anschließend Realisierungswettbewerbe *Erstellung von vorhabenbezogenen Bebauungsplänen für Teilbereiche; Abschluss von städt. baulichen Verträgen
<b>Projektbeteiligte</b>	*Stadt Esslingen *RVI GmbH (Investor, Projektentwickler) *Lehen drei (Städtebau) *Forschungseinrichtungen im Rahmen der Forschungsprojekte *Neugründung der Betreibergesellschaft Green Hydrogen Esslingen GmbH (für Elektrolyseure im Leuchtturmprojekt ES_West_P2G2P; Teilhaber: Stadtwerke Esslingen GmbH, Polarstern Erzeugungs GmbH, Prof. Fisch)
<b>Ziele/Besonderheiten</b>	*Ziel: Schaffung eines klimaneutralen Stadtquartiers *2011 Vorzertifizierung in Gold der DGNB (RVI-Blöcke) *Teilnahme an Forschungsprojekten (z.B. EnEff:Stadt: Smart Energy City) *Förderung als Leuchtturmprojekt im Förderschwerpunkt „Solares Bauen/ Energieeffiziente Stadt“ des BMWi und des BMBF (ES_West_P2G2P): 5 Jahre Erprobung von Möglichkeiten + Chancen der Umsetzung eines innovativen Energieversorgungskonzepts auf Quartiersebene (Antragstellung durch Stadt)

<b>Ziele/ Besonderheiten (Fortsetzung)</b>	*Auszeichnung der DGNB im Wettbewerb „Sustainability Challenge“ in der Kategorie „Start up“ für Betriebsgesellschaft Green Hydrogen Esslingen GmbH
<b>Energie- versorgung</b>	*Erstellung von Energiekonzept (Beauftragung durch Investor + Stadt): Kopplung der Sektoren Strom, Wärme, Kälte + Mobilität *weitgehender Einsatz von erneuerbaren Energien zur Eigenversorgung; maximale Nutzung der Dachflächen für Solaranlagen *1. Baublock Energiekonzept mit BHKW, PV, Biogas-Brennwerttherme *Forschungsprojekte für Entwicklung + Erprobung verschiedener Technologien (z.B. Speicher, Kühlung) *Mieterstrom: Entwicklung von neuen Vermarktungsoptionen von Energie *Vernetzung der Versorgungssysteme über Smart Grid *Leuchtturmprojekt ES_West_P2G2P (Esslingen_West_Power2Gas2Power): Errichtung einer Energiezentrale im Quartierszentrum mit Elektrolyseur für Umwandlung von überschüssigem Strom aus erneuerbarer Erzeugung in „grünen“ Wasserstoff (u.a. für Rückverstromung, Einspeisung in Erdgasnetz (Power-to-Gas), Mobilität; Einspeisung der Abwärme aus Umwandlungsprozess in Nahwärmenetz); Gründung der „Green Hydrogen Esslingen GmbH“ für Finanzierung, Errichtung sowie Betrieb der Energie- + Technikzentrale *in Forschungsprojekt sozialwissenschaftliches Monitoring zur Zufriedenheit der Bewohner
<b>Gebäude (Energiestandard etc.)</b>	*50 % Energieeinsparung gegenüber EnEV (2014) *in B-Plänen: Gründach-Verpflichtung auf Flachdächern; Ausnahmeregelungen für vollflächige Solaranlagen im Rahmen des Projekts Smart City
<b>Mobilität/ Verkehr</b>	*Mobilitätsstation mit Ladestationen für Elektrofahrzeuge im Quartier > Verknüpfung mit Energieversorgungskonzept; Nutzung v.a. von lokal erzeugtem Strom + Wasserstoff

Abb. 44: Blick auf die Neubebauung



Quelle: eigene Aufnahme (2020)

## Freiburg: Gutleutmatten

<b>Stadt</b>	227.000 EW, Baden-Württemberg
<b>Bauzeit</b>	2015-2019
<b>Größe</b>	8 ha; ca. 500 WE
<b>städtebauliches Konzept</b>	*Westteil: Punkthäuser (bis zu 9 Geschosse) + kurze Zeilengebäude; Ostteil: Wohnhöfe mit Geschosswohnungsbau + Reihenhäuser (3-6 Geschosse) *kleinteilig parzellierte Bebauung tw. auf ehemaligen Kleingartenflächen
<b>Nutzungen</b>	Wohnen (ca. 50 % geförderte Miet-WE), Kita, vereinzelt kleinteiliges Gewerbe

<b>Projekt- entwicklungs- strategie</b>	*2010 städtebaulicher Realisierungswettbewerb *2013 Rechtskraft B-Plan *2015 Zwischenerwerb der Grundstücke durch Stadt *Vermarktung der Grundstücke zu Festpreisen > Vergabemethoden: Konzeptvergabe (u.a. an Baugemeinschaften), Losentscheid, direkte Vergabe an städtisches Wohnungsunternehmen mit anschließender Mehrfachbeauftragung, Investorenwettbewerb
<b>Projekt- beteiligte</b>	*Stadt Freiburg (Projektentwicklung, Bauleitplanung) *Oberst & Kohlmeier Architekten, Hähniig + Gemmeke (Städtebau) *Badenova Wärmeplus GmbH & Co KG (Energieversorgung)
<b>Ziele/ Besonderheiten</b>	*Forcierung eines innovativen Energieversorgungskonzepts als Beitrag zum Klimaschutz *baulandpolitische Grundsätze in Freiburg: verpflichtende Erstellung von Energieversorgungskonzepten für Neubaugebiete *Förderung durch BMWi: Forschungsprojekt EnWiSol (Reallabor): Untersuchung der Einbindung von Solarthermie in Wärmekonzept mit BHKW inkl. energie-wirtschaftlicher Analyse *in Nutzungsphase Kritik der Bewohner an hohem Nahwärmepreis + Anschlusspflicht > bundesweit in Schlagzeilen
<b>Energie- versorgung</b>	*bereits in Auslobung von städtebaulichem Wettbewerb Forderung: „vorbildliches und innovatives Wohngebiet aus energetischer Sicht“ *Erstellung eines Energiekonzepts durch Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), badenova WÄRMEPLUS GmbH & Co. KG + Stadt: Untersuchung verschiedener zentraler + dezentraler Varianten; Förderung durch BMWi > Grundsatzbeschluss des Energiekonzepts durch Gemeinderat *zentrale Versorgung über Nahwärmenetz: Anwendung von 2 ergänzenden Techniken: im Winter mit Biomethangas betriebenes BHKW in benachbarter Gesamtschule für Strom + Wärme; im Sommer Deckung des geringen Wärmebedarfs durch 38 dezentral auf den Gebäuden angeordnete Solarthermieanlagen (in dieser Zeit BHKW außer Betrieb) > optimale Ausrichtung der beiden Systemen auf die unterschiedlichen Bedarfe im Sommer + Winter; allerdings dadurch auch höhere Investitionskosten; Primärenergiefaktor 0,08 für die solare Fernwärme *Anschluss weiterer Gebäude an Wärmenetz (Hallenbad, Schule, Bürogebäude) *Planung als Pilotprojekt > wegen Forschungs- + Entwicklungsvorhaben Verzicht auf Ausschreibung eines Fernwärmeversorgers *Anschluss- + Benutzungspflicht über vertragliche Regelungen *interessante Erkenntnisse zum Energiekonzept siehe Erfahrungsbericht der Stadt Freiburg aus dem Jahr 2018 (vgl. Stadt Freiburg 2018: 66-68) *aktuell wegen Abriss + Neubau des Schulgebäudes Verlegung des BHKW erforderlich > Errichtung einer neuen Energiezentrale mit 2 BHKW + Heizkessel
<b>Gebäude (Energiestandard etc.)</b>	*Umsetzung des Freiburger Effizienzhausstandard 55; allerdings Verzicht auf die ansonsten in Freiburg vorgeschriebene Wärmerückgewinnung bei der Lüftung in den Gebäuden zur Kompensation von Mehrkosten (Erzeugung des infolge der fehlenden Wärmerückgewinnung verbleibenden Heizenergiebedarfs innovativ + erneuerbar durch Solarthermie + effizient durch BHKW auf Biogasbasis) *Gründächer in B-Plan vorgeschrieben: differenzierte Regelungen für Abweichungen u.a. auf Grund von Solaranlagen (textliche Festsetzung Nr. 11.2.3)

- Mobilität/ Verkehr**
- \*gute Anbindung an vorhandenen ÖPNV
  - \*Stadt der kurzen Wege
  - \*verkehrsberuhigte Gestaltung des Innenbereichs
  - \*Ausweisung von Carsharing-Stellplätzen an den Quartierseingängen im B-Plan

Abb. 45: städtebauliches Konzept



Quelle: Stadt Freiburg im Breisgau 2018: 14

## Hamburg: HafenCity

- Stadt** 1.800.000 EW, Hamburg
- Bauzeit** 2003-2025/2030
- Größe** 127 ha (Landfläche); ca. 7.500 WE (ca. 1.500-2.000 gefördert)
- städttebauliches Konzept**
  - \*überwiegend Blockrandstrukturen mit starker Verdichtung + Sonderbausteinen in Wasserlage
  - \*Entwicklung unterschiedlicher Teilbereiche mit eigener Prägung mit starker Nutzungsmischung (ca. 45.000 Arbeitsplätze)
  - \*sukzessive Aufsiedlung von Westen nach Osten + von Norden nach Süden
- Nutzungen** Wohnen, Arbeiten, Bildung, Kultur, Freizeit, Tourismus, Einzelhandel
- Projektentwicklungsstrategie**
  - \*Flächen weitgehend im Eigentum der Stadt
  - \*1999 Wettbewerb Masterplan
  - \*2000 Beschluss Masterplan durch Senat
  - \*2010 Überarbeitung Masterplan (Erhöhung der Bauungsdichte)
  - \*Vergabe der Grundstücke in Konzept-Preis-Vergaben; vor Verkauf Anhandgabe (Grundstücksoptionen mit Planungsverpflichtung) > vielfältige Eigentümerstruktur
- Projektbeteiligte**
  - \*Freie und Hansestadt Hamburg
  - \*HafenCity Hamburg GmbH (100%-ige Tochter der Stadt Hamburg)
  - \*Energieversorger (Vattenfall, Enercity Contracting)
  - \*tw. Baugemeinschaften
  - \*Kees Christiaanse/ ASTOC (Städtebau/ Masterplan)
- Ziele/ Besonderheiten**
  - \*2007 Entwicklung eines eigenen Zertifizierungssystems „Umweltzeichen HafenCity“ durch HafenCity GmbH (erstes Zertifizierungssystem für nachhaltiges Bauen in Deutschland) > Erfüllung bestimmter Anforderungen als Voraussetzung für Erhalt eines Grundstücks > wichtigstes Ziel: Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bei Herstellung, Betrieb + Rückbau der Gebäude
  - \*HafenCity Ost: fast vollständige Versorgung mit CO<sub>2</sub>-freier Industrieabwärme (europaweites Vorzeigeprojekt)

- Energieversorgung**
- \*technik- + preisoffene, europaweite Ausschreibung der Wärmeversorgung für Westteil (2003) + Ostteil durch HafenCity GmbH im Namen der Stadt > Vorgabe von Umweltschutzkriterien (z.B. Westteil: max. 200 g CO<sub>2</sub>/ kWh) > Abschluss von Wärmelieferverträgen/ Dienstleistungskonzessionen
  - \*Westteil: KWK-Fernwärme von Vattenfall ergänzt um Solarthermie (1.800 m<sup>2</sup> Solarthermie auf Dachflächen > Deckung des Warmwasserbedarfs zu 40 %) + weiteren CO<sub>2</sub>-senkenden Erzeugungsanlagen (z.B. Dampfturbine im Heizwerk, BHKW, Brennstoffzelle) > Unterschreitung des vorgegebenen Grenzwerts: 175g/ kWh CO<sub>2</sub>-Emissionen
  - \*Ostteil: seit 2009 Aufbau eines dezentralen + modularen Nahwärmeversorgungsnetzes (max. 90 °C) durch Enercity contracting (Tochterunternehmen der Stadtwerke Hannover); während Bauphase mobile Pelletkessel; seit 2014: Wärmegrundlasterzeugung durch BHKW (bilanzielles Biomethan) + Spitzenlastheizkessel (Erdgas), seit Herbst 2018 Nutzung der CO<sub>2</sub>-freien Industrieabwärme einer Kupferhütte (Errichtung einer 3,7 km langen Leitungstrasse); hoher Anteil erneuerbarer Energien (92 %); lediglich Wärmespitzenlast fossil; Primärenergiefaktor: 0,11; CO<sub>2</sub>-Emissionswerte: 89 g/ kWh
  - \*unterschiedliche, differenzierte Festsetzungen in den B-Plänen zur Energieversorgung auf Grundlage von § 4 Abs. 1 des Hamburger Klimaschutzgesetzes: Anschlusszwang an KWK-Wärmenetz (Ausnahme: Einsatz von Brennstoffzellen) + weitere Anforderungen an regenerative Energieversorgung (z.B. Wärmepumpen nur mit regenerativem Strom erlaubt)
  - \*weitere Sicherung der Anschlusspflicht durch Grundstückskaufvertrag
  - Gebäude (Energiestandard etc.)**
    - \*Einhaltung verschiedener Anforderungen (je nach Nutzung) entsprechend Vorgaben des Umweltzeichens HafenCity (Voraussetzung für Erhalt eines Grundstücks) > Einhaltung energetischer Kriterien bei Wohnnutzung verpflichtend: u.a. Unterschreitung des zulässigen Gesamtprimärenergiebedarfs des Referenzwertes der maßgeblichen EnEV um 45 % (wegen geringem Primärenergiefaktor der Fernwärme einfach erreichbar), erhöhte Anforderungen zu Transmissionswärmeverlusten, bestimmter Anteil erneuerbarer Energien + Monitoring des Energieverbrauchs
    - \*weitere optionale Kriterien beim Umweltzeichen HafenCity: Anforderungen an Baustoffe (z.B. Erstellung von Ökobilanz) + an Gebäudebetrieb (z.B. Rückbau + Recycling, Nutzerhandbuch)
    - \*Begrünung von Dächern in B-Plänen vorgeschrieben + Kriterium im Umweltzeichen HafenCity

Abb. 46: Wohnungsbau an der Hafenkante



Quelle: eigene Aufnahme (2018)

## Hamburg: Jenfelder Au

<b>Stadt</b>	1.800.000 EW, Hamburg
<b>Bauzeit</b>	2014-2022
<b>Größe</b>	35 ha, ca. 770 WE (630 WE Neubau)
<b>städtebauliches Konzept</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*kleinteilige, überwiegend gereichte Bebauung um zentrale Grünachse mit Teich als Regenrückhaltebecken; Mischung aus Wohnen + Arbeiten, tw. Erhalt von Bestandsgebäuden (Denkmalschutz)</li> <li>*v.a. Eigentumsmaßnahmen in Form von Stadt- + Einfamilienhäusern (2-4 Geschosse), wenig Geschosswohnungsbau</li> <li>*ehemaliges Kasernenareal</li> </ul>
<b>Nutzungen</b>	Wohnen, Gewerbe, soziale Infrastruktur
<b>Projektentwicklungsstrategie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Flächen im Eigentum der Stadt</li> <li>*2006 städtebaulicher Wettbewerb</li> <li>*2011 Rechtskraft B-Plan (Jenfeld 23)</li> <li>*seit 2011 Vermarktung der Grundstücke durch Landesbetrieb an Investoren + Baugruppen</li> <li>*seit 2014 Errichtung der Hochbauten</li> </ul>
<b>Projektbeteiligte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Freie und Hansestadt Hamburg</li> <li>*West 8, Rotterdam (Städtebau)</li> <li>*HAMBURG WASSER (städtischer Wasserversorger)</li> <li>*ZEBAU GmbH (Der Energie- und Bauberater)</li> <li>*GETEC (Energieversorger)</li> </ul>
<b>Ziele/Besonderheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Ziel: CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmeversorgung,</li> <li>*größtes Wohnprojekt in Europa mit Kombination von Abwasserbeseitigung + Energiegewinnung im großen Maßstab &gt; Nutzung des energetischen Potenzials des Schwarzwassers</li> <li>*sog. „Hamburg Water Cycle“: Trennung der häuslichen Abwässer: 1. Schwarzwasser: für Energiegewinnung; 2. Grauwasser aus Küche + Bad: Reinigung vor Ort für verschiedene Nutzungen; 3. Regenwasser: Einleitung in Teich</li> <li>*Pilotprojekt im Rahmen der „Nationalen Stadtentwicklungspolitik“ (BMVBS/ BBSR); weitere Förderungen: EU, BMBF (Forschungsprojekt „Kreis“) und BMWi</li> <li>*„[...] kommt die Jenfelder Au der Vision eines energieautarken Stadtteils bereits sehr nahe.“ (Freie und Hansestadt Hamburg o.J.: 2)</li> </ul>
<b>Energieversorgung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Entwicklung von Energie- und Abwasserbeseitigungskonzept im Vorfeld</li> <li>*Versorgung des zentralen Bereichs über Nahwärmenetz gespeist aus BHKW &gt; Gewinnung von Biogas aus Schwarzwasser (Toilettenabwasser) durch biologische Vergärung &gt; getrennte Ableitung der häuslichen Abwässer schon im Gebäude; zur Vermeidung von Verdünnung: verpflichtender Einbau von Unterdrucktoiletten &gt; Errichtung eines quartierseigenen Betriebs Hofes am Rand für Versorgungssystem &gt; Nutzung weiterer organischer Substrate aus Umgebung zur Biogasgewinnung (Fette aus Restaurants, Rasenschnitt, Lebensmittelreste); Umwandlung des gewonnenen Biogas in Strom (Bedarfsdeckung 50 %) + Wärme (Bedarfsdeckung 40 %); 2 Erdgaskessel zur Spitzenlastabdeckung; PV-Anlagen</li> <li>*Anschlussverpflichtung eines Teilbereichs auf Grundlage von Hamburger Klimaschutzgesetz durch Festsetzung in B-Plan (§ 2 Nr. 9 B-Plan Jenfelder Au 23)</li> <li>*Ausschreibung des Wärmeversorgungssystems durch Stadt Hamburg (Wettbewerb) &gt; Entscheidung für Getec AG auf Grund von Konzept + Preis</li> <li>*Einrichtung einer Energie- + Bauberater (ZEBAU GmbH) für die Bauherren in Planungsphase (Finanzierung über Förderungen); Schnittstelle zwischen behördlichen Dienststellen, Energieversorger + Bauherren</li> </ul>

### Energieversorgung (Fortsetzung)

\*2019 Durchführung einer Online-Befragung der Bewohner zu Erfahrungen mit dem Abwassersystem  
 \*Wärmenetz bzw. Anschlusszwang nur in Teilbereich; in anderen Bereichen blockbezogene Wärmenetze unter Nutzung von Geothermie + Solarthermie; Umsetzung der blockbezogenen Wärmenetze über Bindungen in den Grundstückskaufverträgen

### Gebäude (Energiestandard etc.)

\*Neubauten: Erfüllung der gesetzlichen Standards der Hamburgischen Bauordnung (HBauO) + der Hamburger Klimaschutzverordnung (HambKliSchVO); keine weiteren Vorgaben an Gebäudeenergiestandard  
 \*Verpflichtung zum Einbau von Unterdrucktoiletten

Abb. 47: Lageplan Jenfelder Au (o.M.)



Quelle: Website HWC (grafische Anpassungen)

## Heidelberg: Bahnstadt

<b>Stadt</b>	156.000 EW, Baden-Württemberg
<b>Bauzeit</b>	2008-2022
<b>Größe</b>	116 ha; 3.700 WE gesamt (derzeit ca. 2.500 WE fertiggestellt)
<b>städtebauliches Konzept</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Blockrandbebauung mit Geschosswohnungsbau auf nicht mehr benötigten Bahnanlagen</li> <li>*Entwicklungsziel: urbanes, dichtes + gemischtes Stadtquartier</li> </ul>
<b>Nutzungen</b>	v.a. Wohnen, Gewerbe, Bildung, soziale Infrastruktur, Wissenschaft, Einzelhandel
<b>Projektentwicklungsstrategie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*2003 städtebaulicher Wettbewerb</li> <li>*2008 Erwerb der Flächen durch EGH (ca. 60 ha) + Stadt (von Aurelis GmbH)</li> <li>*seit 2008 städtebaulicher Entwicklungsbereich</li> <li>*2008 Unterzeichnung städtebaulicher Vertrag mit EGH</li> <li>*Veräußerung der baureifen Grundstücke an Hochbauinvestoren (genaue Planungen im Vorfeld nötig &gt; Abstimmung mit Fachämtern &gt; Sicherungen in Kaufverträgen)</li> </ul>
<b>Projektbeteiligte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Entwicklungsgesellschaft Heidelberg (EGH) (Entwicklung + Vermarktung der Grundstücke; eigens gegründete Gesellschaft mit Beteiligung städtischer Gesellschaften)</li> <li>*Stadt Heidelberg (z.B. Einrichtung einer Geschäftsstelle Bahnstadt)</li> <li>*Trojan + Trojan (Städtebau, 2003 Wettbewerb)</li> </ul>
<b>Ziele/Besonderheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*größte Passivhausiedlung weltweit</li> <li>*bilanziell eines der größten Null-Emissions-Stadtteile in Europa</li> <li>*bis 2014 Einrichtung eines Fachbeirats</li> <li>*Erstellung von umfangreichem Informationsmaterial für Bauherren</li> <li>*Auszeichnungen: Passive House Award 2014, Global Green City Award 2015</li> </ul>



- Energieversorgung**
- \*Erstellung eines Energiekonzepts im Vorfeld (Beschluss 2008) > Gegenstand von städtebaulichem Vertrag mit Entwicklungsgesellschaft
  - \*Fernwärme der Stadtwerke Heidelberg > Verbesserung des Primärenergiefaktors auf 0,5 durch Einbindung von Holz-Heizkraftwerk (Fertigstellung 2014, produzierte Wärmemenge ausreichend für Versorgung der gesamten Bahnstadt) + von Biomethan-BHKWs
  - \*Erlass einer kommunalen Fernwärmesatzung
  - \*Gemeinderatsbeschluss: pro Baufeld nur ein Anschluss > durch Mininetze je Baufeld niedrige Netztemperatur + Minimierung der Leitungsverluste, Reduzierung der Anschlussleistung gegenüber klassischer Einzelanbindung
  - \*flächendeckende Ausstattung mit Smart Meter
  - \*Energieberatung zur Qualitätssicherung
  - \*klimaschonendes Kältewerk zur Kühlung von Konferenzzentrum + weiteren Gewerbenutzungen
  - \*Erarbeitung von Stromsparkonzepten für die verschiedenen Nutzungen mit Vorgaben durch Stadt
  - \*Durchführung eines detaillierten, laufenden Monitorings (Veröffentlichung des Berichts im Internet)
  - \*Absenkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Heizung + Warmwasserversorgung um 56 %
- Gebäude (Energiestandard etc.)**
- \*nur Passivhäuser (Unterstützung durch kommunales Förderprogramm + Beratung; Verpflichtung in städtebaulichem Vertrag + Grundstückskaufverträgen; Qualitätssicherung durch Umweltamt + Klimaschutzagentur)
  - \*Ausnahmen möglich, falls Passivhaus im Einzelfall aus technischen + ökonomischen Gründen nicht realisierbar
  - \*mind. 66 % der Dachflächen extensive Begrünung (Festsetzung in B-Plan) > Entwicklung eines Handlungsleitfadens (z.B. Kombination mit Solaranlagen)
- Mobilität/Verkehr**
- \*neue, ca. 2,2 km lange Stadtbahntrasse durch Bahnstadt seit 2018
  - \*Öffnung des Hauptbahnhofs nach Süden > direkte Anbindung
  - \*über Bahnleise neue Fuß- und Radwegebrücke geplant
  - \*Empfehlung an Bauherren: Installation von Ladeinfrastruktur in Gebäuden, frühzeitige Abstimmung mit Stadtwerken
  - \*Erstellung eines Handlungsleitfadens zum Fahrradparken für Bauherren durch Stadt

Abb. 48: Blick auf die Bebauung der Bahnstadt



Quelle: eigene Aufnahme (2017)

### Heilbronn: Neckarbogen (BUGA-Modellquartier)

- Stadt** 123.000 EW, Baden-Württemberg
- Bauzeit** 2016-2018 Stadtausstellung, bis 2040 restlicher Stadtteil

- Größe** Stadtausstellung: 3 ha, 350 WE; gesamter Stadtteil: 30 ha
- städtebauliches Konzept**
- \*Blockrandbebauung mit Geschosswohnungsbau; Anordnung um einen Stadtsee
  - \*1. Bauabschnitt: Stadtausstellung im Rahmen von BUGA 2019 bestehend aus 3 Baublöcken; kleinteilige Entwicklung mit 14 Investoren
- Nutzungen**
- v.a. Wohnen (ca. 50 % Miete), Arbeiten, Einzelhandel, Freizeiteinrichtungen, Gastronomie
- Projektentwicklungsstrategie**
- \*2005 Erwerb der Grundstücke durch Stadt
  - \*2009 städtebaulicher Ideenwettbewerb
  - \*2014 Fortschreibung Rahmenplan
  - \*Verkauf der Grundstücke an verschiedene Bauherren nach Investorenauswahlverfahren (Konzeptvergabe zu Festpreisen)
- Projektbeteiligte**
- \*ARGE Steidle (Rahmenplan), Machleidt GmbH (Fortschreibung)
  - \*Bundesgartenschau Heilbronn 2019 GmbH (Projektentwicklung)
  - \*Stadt Heilbronn (Eigentümerin der Grundstücke)
  - \*ZEAG AG (Umsetzung Energie- + Mobilitätskonzept)
- Ziele/Besonderheiten**
- \*Entwicklung einer Modellbebauung (Stadtausstellung) für die Präsentation im Rahmen der BUGA 2019
  - \*Ziele: maximale Ressourcenschonung; Schaffung eines lebendigen, attraktives Stadtquartiers
  - \*Qualitätssicherung durch Einrichtung einer Baukommission
  - \*2016 Vorzertifikat in „Platin“ der DGNB
  - \*Auszeichnung: Contracting-Preis BW 2018
- Energieversorgung**
- \*gemeinschaftliche Entwicklung von Energieversorgungslösungen mit den bereits feststehenden Bauherren (Prozessbegleitung durch BUGA GmbH) > gemeinsame Energieversorgung in kleinteiliger Bebauung: Aufbau von Nahwärmenetzen in den ersten Baublöcken durch Kooperation der Bauherren; tw. auch Einzellösungen > z.B. in 2 Baufeldern Planung, Projektierung + Finanzierung von Nahwärmenetz durch Contractor (ZEAG AG) im Auftrag der Bauherren (BHKW mit Spitzenlastkessel, PV + Solarthermie; Primärenergiefaktor von 0,48)
  - \*Angebot von Mieterstrom aus BHKW, PV + Batteriespeicher
- Gebäude (Energiestandard etc.)**
- \*unterschiedliche Standards der Gebäude (z.B. KfW-Effizienzhaus 55, Plusenergiehaus)
  - \*Begrünung der Dächer (mind. 2/3 der Dachfläche) in B-Plan vorgeschrieben
- Mobilität/Verkehr**
- \*Vorrüstung aller Stellplätze für Ladestationen; selbstproduzierter Strom für Ladeinfrastruktur (Integration in Energiekonzept)
  - \*Reduzierung des Stellplatzschlüssels auf 0,6 ST/ WE
  - \*Mobilität als Bewertungskriterium bei Konzeptvergabeverfahren
  - \*viele Zielsetzungen im Rahmenplan (z.B. Modal Split 30/70; „letzte-Meile-Konzept“ mit automatisierten Kauf- + Lieferkonzepten, 10-Minuten-Stadt)

Abb. 49: Blick auf die Neubauten des Modellquartiers



Quelle: eigene Aufnahme (2019)

## Landshut: Plusenergiesiedlung Ludmilla-Wohnpark

<b>Stadt</b>	69.000 EW, Bayern
<b>Bauzeit</b>	2009-2014
<b>Größe</b>	0,72 ha; gesamt 180 WE (Untersuchung von 68 WE in Forschungsprojekt)
<b>städtebauliches Konzept</b>	*Mischbebauung aus Geschosswohnungsbau in Randbereichen (4 Geschosse), EFH (freistehend, gereiht) im Innenbereich *Bebauung einer Industriebrache
<b>Nutzungen</b>	Wohnen (Eigentum)
<b>Projektentwicklungsstrategie</b>	*Entwicklung durch privaten Bauträger *2000 Rechtskraft B-Plan für Teilbereich
<b>Projektbeteiligte</b>	*Ludmilla-Wohnbau GmbH (Bauträger, Initiator) *Heinke Gschlöbl (Planung, Städtebau) *Forschungsprojekt: TU Dresden, Hochschule München
<b>Ziele/ Besonderheiten</b>	*Errichtung als Plusenergiesiedlung *Forschungsprojekt +Eins (2010-14; EnEFF: Stadt, EnEFF:Wärme) > Ziele: gebäudetechnische + energetische Analyse, Simulationstool für oberflächennahe Geothermie, Verbrauchervisualisierung, Leitfäden für Bewohner + Planer, Einfluss von Energieplussiedlungen auf das Stromnetz, Optimierung der komplexen Technik, soziologische Untersuchung *intensives Monitoring des Nutzerverhaltens in Forschungsprojekt > Ergebnis: sehr großer Einfluss von Verhalten auf Energiebedarf (bis zu 100 % bei Nutzenergie) > Online-Visualisierung der Verbräuche für Bewohner
<b>Energieversorgung</b>	*1. + 2. BA (2009-10): Entwicklung eines Energiekonzepts mit Ziel einer primärenergetisch positiven Energiebilanz *EFH: Kleinstwärmepumpen (Energiequelle: oberflächennahe Erdwärme; Erdkollektoren mit unterschiedlichen Einbauvarianten; Umkehrbetrieb im Sommer); Fußbodenheizung mit max. 35 °C Vorlauftemperatur *MFH: gemeinsames Nahwärmenetz (Vorlauf max. 60 °C), Heizzentrale mit BHKW (für Grundlast, TWW) + Brennwerttherme als Spitzenlastkessel (Brennstoff Erdgas), Pufferspeicher mit 10.000 l; jede Wohnung mit Kompaktstation *PV auf allen Dächern *Ziel: regenerativ erzeugter + ins öffentliche Netz abgegebener Strom aus PV + BHKW höher als primärenergetischer Energiebezug nach EnEV *alle Wohnungen mit kontrollierter Wohnraumlüftung inkl. Wärmerückgewinnung *Durchführung von umfangreichen Messungen in Forschungsprojekt
<b>Gebäude (Energiestandard etc.)</b>	*Unterschreitung der U-Werte der geltenden EnEV 2009 um 30 % (besserer Dämmstandard wegen Deckung der verbleibenden Energieverbräuche aus primär erneuerbaren Energiequellen als nicht sinnvoll errichtet) *Ziegel mit integrierter Dämmung statt WDVS

Abb. 50: Luftbild der Plusenergiesiedlung



Quelle: Ludmilla Wohnbau GmbH, Landshut

## Mannheim: FRANKLIN

<b>Stadt</b>	306.000 EW, Baden-Württemberg
<b>Bauzeit</b>	2016-2025
<b>Größe</b>	144 ha; 4.200 WE
<b>städtebauliches Konzept</b>	*Entwicklung eines eigenen Stadtteils auf ehemaliger Wohnsiedlung der US-Streitkräfte bestehend aus mehreren Quartieren *Mischung aus Geschosswohnungsbau + EFH; tw. Erhalt von Bestand; Besonderheit: Hochhäuser in Buchstabenform („HOME“) *autofreies Wegenetz zu Infrastruktureinrichtungen
<b>Nutzungen</b>	v.a. Wohnen (70 % Eigentum, 30 % Miete), Arbeiten (ca. 1.000 Arbeitsplätze), soziale Infrastruktur (z.B. Schule, Kita)
<b>Projektentwicklungsstrategie</b>	*iterativer Planungsprozess zur Erarbeitung eines Siedlungsmodells *2014 Beschluss des Rahmenplans *2015 Erwerb der Grundstücke vom Bund durch MWSP *mehrere Teilbebauungspläne *blockweise Vermarktung der Grundstücke an Hochbauinvestoren > tw. direkte Vergaben; tw. Konzeptvergaben (Kriterien entsprechend Franklin-Zertifikat), tw. Investorenauswahlverfahren + städtebauliche Wettbewerbe
<b>Projektbeteiligte</b>	*MWSP (städtische Projektentwicklungsgesellschaft) *Stadt Mannheim (v.a. Projektgruppe Konversion) *Tegnestuen Vandkunsten (Städtebau) *vers. Investoren in Hochbauten *MVV Energie AG (Energieversorgung)
<b>Ziele/ Besonderheiten</b>	*Ziel lt. Rahmenplan „blue_village_franklin“: Modellquartier mit Leuchtturmprojekten in den Bereichen Mobilität + Energie; 3 Leitthemen: Energieeffizienz, intelligente Energie- + Infrastrukturen (Smart Grids), nachhaltige Quartiersmobilität (v.a. Elektromobilität) *Entwicklung von Franklin-Zertifikat zur Sicherung des Leitbilds *Einrichtung eines Qualitätsteams mit externen Experten (Aufgaben eines Gestaltungsbeirats) *Festsetzung eines förmlichen Sanierungsgebiets *Label: „low emission and low energy district“
<b>Energieversorgung</b>	*2015 Erstellung eines Energiekonzepts durch MVV *Niedertemperaturfernwärme (Energiequelle: Abwärme aus Kohlekraftwerk; Auslegungstemperatur: 75 °C; zunächst Reduzierung des Primärenergiefaktors durch Einspeisung von erneuerbaren Energien von 0,65 auf 0,55 angestrebt > später weitere Absenkung der Primärenergiefaktors auf 0,42 im gesamten Fernwärmenetz; kein Anschlusszwang) *tw. individuelle Energiekonzepte der Investoren auf Baufeldern: u.a. Evohaus mit CO <sub>2</sub> -neutralem Energie- + Mobilitätskonzept (z.B. Batteriespeicher im Projekt Esquire) *umfangreiche Angebote im Bereich Energie für Bauherren durch MVV (z.B. Smart Home, Smart Meter, PV, Speicherung) *01/2020: Eröffnung der Nachbarschaftsoase der MVV im Quartier mit Beratungsangeboten zu den Themen Energie und Mobilität *Durchführung von Forschungsprojekten: c/sells (Aufbau eines zellulären Energiesystems), „Square“ (bei Sanierung von 2 ehemaligen Wohngebäuden Erprobung verschiedener Energiestandards + Technikkonzepten als Demonstrationsvorhaben; Ergänzung um Energy Mobility Cube; EU-Förderung: EFRE) *Umsetzung von „Leuchtturmprojekten“ im Bereich Energie

- Gebäude (Energienstandard etc.)**
- \*Ziel lt. Rahmenplan: flächendeckend guter Mindeststandard; in Teilgebieten hoher Energienstandard (Leuchttürme); Mindestwerte: im Neubau KfW-Effizienzhaus-55, im Bestand EnEV Neubau oder Effizienzhaus 100; in begründeten Fällen Nichteinhaltung möglich
  - \*in B-Plänen verschiedene Verpflichtungen für die Errichtung von Gründächern
- Mobilität/Verkehr**
- \*Ziel: Klimaneutrale Mobilität
  - \*Errichtung einer (E-)Ringbuslinie bis zur Anbindung an Stadtbahn; Sicherung der Stadtbahntrasse in B-Plan
  - \*Leuchttürme geplant: induktive Ladestationen für E-Bus; vernetzte Mobilitätsstationen
  - \*Gründung eines Start-up für Mobilitätsangebote (Carsharing, etc.)
  - \*Mobilitätszentrale für FRANKLIN mobil in Nachbarschaftsoase
  - \*tw. Aussetzung der Stellplatzpflicht möglich

Abb. 51: Lageplan des Stadtteils FRANKLIN



Quelle: Website MWSP

- Energieversorgung (Fortsetzung)**
- \*Warmwasser: Frischwasserstationen in den Wohnungen
  - \*Fußbodenheizungen; kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung
- Gebäude (Energienstandard etc.)**
- \*Passivhausstandard mit dezentralen Lüftungsanlagen inkl. Wärmerückgewinnung; zudem Erfüllung der KfW-Anforderung des Effizienzhaus 40

Abb. 52: sichtbarer Solarspeicher im Gebäude



Quelle: EnergieAgentur.NRW

## Münster: Klimaschutzsiedlung Dieckmannstraße

- Stadt** 302.000 EW, Nordrhein-Westfalen
- Bauzeit** 2011-2012
- Größe** 0,4 ha; 34 WE
- städtebauliches Konzept**
- \*u-förmige, geschlossene Bebauung mit Öffnung nach Südosten; Geschosswohnungsbau (3-4 Geschosse); gegliederte Baukörper
- Nutzungen** Wohnen (Eigentum)
- Projektentwicklungsstrategie**
- \*Entwicklung durch privaten Bauträger
- Projektbeteiligte**
- \*Die Solarhaus GmbH (Projektentwicklung)
  - \*ajp Architekten (Planung)
- Ziele/Besonderheiten**
- \*Entstehung im Rahmen des NRW-Programmes: „100 Klimaschutzsiedlungen in NRW“ > Status „Klimaschutzsiedlung“
  - \*auf Grund energieeffizienter Bauweise + Gebäudetechnik regenerative Energiequellen für Beheizung + Warmwasserbereitung ausreichend
- Energieversorgung**
- \*solarthermische Anlage mit ca. 350 m<sup>2</sup> Kollektorfläche + Langzeitwärmespeicher mit 50.000 l (14 m hoch, 2,5 m Durchmesser, in Baukörper integriert + von außen sichtbar; eigens dafür entwickelter Vakuumspeicher) > solarthermische Deckungsrate von 90 % > Bereitstellung des Restwärmebedarfs über Wärmepumpe jeweils für Heizung + Warmwasser (Spitzenlastabdeckung); Primärenergiebedarf („Gesamtenergieeffizienz“): 4,70 kWh/ (m<sup>2</sup>.a)
  - \*PV-Anlagen zur Stromerzeugung für Anlagenbetrieb

## Stuttgart: NeckarPark

- Stadt** 628.000 EW, Baden-Württemberg
- Bauzeit** 2016-2020
- Größe** 22 ha; ca. 850 WE
- städtebauliches Konzept**
- \*Blockrandbebauung mit hoher Dichte auf Fläche des ehemaligen Güterbahnhofs
  - \*lärmschirmende Bebauung an den Rändern; Wohnen im Innen- + nordöstlichen Randbereich; tw. Erhalt von Bestand
  - \*Quartierspark + -platz an zentraler Stelle
- Nutzungen** Wohnen (20 % frei finanzierte WE + Baugenossenschaften), Arbeiten, Schule, Kindergarten, Sportbad
- Projektentwicklungsstrategie**
- \*2001 Erwerb der Flächen durch Stadt
  - \*2009 Beschluss Rahmenplan „Neckarpark“
  - \*2011 Beschluss Energiekonzept
  - \*2016 Rechtskraft 1. B-Plan Reichenbachstraße (Ca 283/1), weitere B-Pläne rechtskräftig bzw. in Aufstellung
  - \*blockweise Vergabe der Grundstücke an Investoren auf Grundlage von Konzept + Preis > anschließend Durchführung von Mehrfachbeauftragungen
- Projektbeteiligte**
- \*Landeshauptstadt Stuttgart (Projektleitung; Energiekonzept: Amt für Umweltschutz)
  - \*Pesch + Partner (Masterplan/ Städtebau)
  - \*wissenschaftliche Begleitung: Fraunhofer-Institut für Bauphysik Stuttgart (IBP)
  - \*Stadtwerke Stuttgart mit Tochterunternehmen Energiedienste der Landeshauptstadt Stuttgart (EDS)
- Ziele/Besonderheiten**
- \*Initiierung + Umsetzung des Energiekonzepts durch Stadt
  - \*Förderung des Energiekonzepts im Rahmen von EnEff:Stadt (ca. 3,78 Mio. €)
  - \*Kombination von Niedrigstenergiegebäuden + Abwasserwärme
  - \*DGNB Zertifizierung in Gold angestrebt
- Energieversorgung**
- \*Erarbeitung von Energiekonzept im Vorfeld (Untersuchung der Abwassernutzung; Federführung bei Amt für Umweltschutz)

**Energieversorgung (Fortsetzung)**

- \*Abwasserwärmenutzung aus verlegtem Kanal über Niedrigtemperatur-Nahwärmenetz (Rinnenwärmetauscher; 2016 Einbau): kaskadierte Abwasser-Strom-Wärmepumpe; Erdgas-BHKW > Unterbringung der Wärmeerzeugungsanlagen in Heizzentrale (in Quartiersparkhaus integriert); Gesamtkosten ca. 10,43 Mio. €
- \*Photovoltaik für Hilfsenergie
- \*Festsetzung in B-Plan (Nr. Ca 283/1, Ca 283/2) auf Grundlage von § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB: verpflichtende Belegung aller undurchsichtigen Dachflächen mit PV (verschiedene Ausnahmen möglich)
- \*Anschluss- und Benutzungszwang von Wärmenetz durch Grundstückskaufvertrag sowie über Eintragung im Grundbuch; keine eigenen Wärmeerzeugungsanlagen auf Grundstück zulässig
- \*Einrichtung von Anschlusskostenbeitrag für Wärmeversorgung durch Grundstückskäufer
- \*EDS von Stadt durch Dienstleistungskonzession mit Betrieb der Wärmeversorgung betraut
- \*für Umsetzung des innovativen Energiekonzepts 0,5 Personalstellen in Verwaltung geschaffen

**Gebäude (Energiesstandard etc.)**

- \*Verpflichtung durch Grundstückskaufvertrag: 45 % niedrigerer Primärenergiebedarf + 30 % höherer baulicher Wärmeschutz als in EnEV 2014

**Mobilität/Verkehr**

- \*weitgehend autofreie Gestaltung, nur Zugangsverkehr
- \*Aufbau von Carsharing- und E-Mobilitätsangeboten
- \*tw. Reduzierung der Stellplatzpflicht

Abb. 53: Neubau Energiezentrale und Quartiersparkhaus



Quelle: eigene Aufnahme (2020)

**Stuttgart: Olgaareal**

<b>Stadt</b>	628.000 EW, Baden-Württemberg
<b>Bauzeit</b>	2016-2019
<b>Größe</b>	ca. 1,6 ha; 224 WE
<b>städtebauliches Konzept</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Umnutzung des Areals des ehemaligen Kinderkrankenhauses Olgaehospital im Stuttgarter Westen</li> <li>*4 versetzt angeordnete, eigenständige Baufelder mit offenen Innenhöfen</li> <li>*Wohn- und Geschäftshäuser in Blockrandbebauung (4-5 Geschosse tw. mit Staffelgeschoss)</li> <li>*kleinteilige Parzellierung und Nutzungsmischung</li> </ul>
<b>Nutzungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Wohnen (50 % Wohnbauförderung nach Stuttgarter Innenentwicklungsmodell SIM)</li> <li>*Familien- und Nachbarschaftszentrum, Kita, Vollsortimenter, Cafés, Läden, Gewerbeeinheiten in Erdgeschoss</li> </ul>

**Projektentwicklungsstrategie**

- \*Grundstücke im Eigentum der Stadt > Vermarktung in eigener Regie
- \*Formierung von Bürgern in der Projektinitiative „Olgäle 2012“ e.V. > umfangreiche Beteiligung und Mitwirkung
- \*seit 2008 Planungen und Überlegungen zur Umsetzung
- \*2011 offener städtebaulicher Ideenwettbewerb (Sieger: Schüler Architekten, Düsseldorf)
- \*2013 Aufstellungsbeschluss B-Plan
- \*2014 Grundsatzbeschluss des Gemeinderats zum Vermarktungsverfahren
- \*2016 Rechtskraft B-Plan (Stgt 258)
- \*2016 Konzeptvergabeverfahren der Grundstücke (Festpreise für Baugruppen; 50 % Preis und 50 % Konzept bei Investoren): klimaschonende Maßnahmen als Bewertungskriterien

**Projektbeteiligte**

- \*Stadt Stuttgart (Federführung bei Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung; Energiekonzept: Amt für Umweltschutz)
- \*Stadtwerke Stuttgart mit Tochtergesellschaft Energiedienste der Landeshauptstadt Stuttgart (EDS)
- \*„Olgäle 2012“ e.V.
- \*Einrichtung eines städtebaulichen Beirats (Begleitung der Quartiersentwicklung)
- \*Errichtung der Gebäude durch Investoren und Baugruppen
- \*Bestellung eines Projektsteuerers zur grundstücksübergreifenden Koordinierung durch Stadt

**Ziele/Besonderheiten**

- \*Entwicklung eines urbanen Quartiers
- \*von Beginn an innovative Mobilitäts-, Energie- und Infrastrukturkonzepte seitens der Stadt angestrebt
- \*erstes gemeinsames Quartiersprojekt der Stadt Stuttgart und der Stadtwerke Stuttgart
- \*Vermarktung von Teilen an Baugruppen zu Festpreisen
- \*Erprobung eines besonderen Entwicklungs- und Vermarktungsverfahrens: Idee eines „Prototyps“ für künftiges Bauen in Stuttgart
- \*durch kleinteilige Entwicklung viele Schnittstellen und großer Abstimmungsbedarf > Einrichtung einer Gesamtprojektsteuerung erforderlich
- \*Anerkennung und Sonderpreis 2012 bei der Landesinitiative „So wollen wir wohnen! Generationengerecht – integriert – nachhaltig“; 2. Platz polis award 2019

**Energieversorgung**

- \*frühzeitige Erarbeitung eines Energieversorgungskonzepts unter Federführung des städtischen Amts für Umweltschutz gemeinsam mit EDS (Energiedienste der Landeshauptstadt Stuttgart GmbH) > Verabschiedung durch Gemeinderat
- \*1.600.000 kWh jährlicher Wärmebedarf insgesamt
- \*Wärmeversorgung über Contracting mit Anschlusszwang aller Gebäude an gemeinsame Heizzentrale im Quartier; Errichtung und Betrieb der Versorgungsanlagen durch EDS
- \*Nahwärmenetz mit gasbetriebem BHKW und Gas-Spitzenlastkessel (207 kW thermische Leistung aus KWK, 900 kW Leistung Brennwärtekessel); für Dimensionierung und Auslegung des Netzes möglichst frühzeitige Antragstellung auf Hausanschluss durch Projekte nötig (spätestens bis Einreichung Bauantrag)
- \*Strom: Errichtung von PV-Anlagen mit elektrischer Leistung von 180 kWp auf 1.700 m<sup>2</sup>; Verpflichtung bestimmter Grundstücke zur Errichtung von PV-Anlagen (Vorgabe der Mindestfläche); auf bestimmten Grundstücken PV-Anlagen nicht erwünscht (Erstellung eines gesonderten Plans für Dachgestaltung)

<b>Energieversorgung (Fortsetzung)</b>	*Energiekonzept und Energiestandard bei Konzeptvergabe als Bewertungskriterium (z.B. positive Bewertung sämtlicher Maßnahmen zur Einsparung von Betriebsenergie und grauer Energie)
<b>Gebäude (Energiestandard etc.)</b>	*mind. KfW-Effizienzhaus 55 bei Wohngebäuden (Forderung der Stadt im Rahmen der Grundstücksvergabe) *Nichtwohngebäude: Unterschreitung des Jahres-Primärenergiebedarfs um mindestens 45 % gegenüber EnEV (in der Fassung von 2009) und der Vorgaben zum baulichen Wärmeschutz um mindestens 30 % *bauökologische Qualitäten der Hochbauprojekte bei Konzeptvergabeverfahren als Bewertungskriterium *im B-Plan differenzierte Festsetzungen zur Begrünung von Dachflächen im Hinblick auf Errichtung von PV-Anlagen (besondere Beschäftigung mit der Qualität der Gestaltung der Dachlandschaft im Rahmen von B-Planverfahren)
<b>Mobilität/Verkehr</b>	*im Einzugsbereich mehrerer Stadtbahn- und Bushaltestellen *besondere Vorgaben zur Zahl von Fahrradabstellplätzen in B-Plan *bei Konzeptvergabeverfahren innovative Beiträge zu gemeinschaftlichen Mobilitätskonzepten von Bewerbern erwartet > Verpflichtung der Baugruppen zur späteren Abstimmung der Mobilitätskonzepte untereinander in der Optionsphase

Abb. 54: kleinteilige Bebauung des Olgaareals



Quelle: eigene Aufnahme (2020)

<b>Ziele/ Besonderheiten</b>	*Ziel: Schaffung eines lebendigen, nachhaltigen Quartiers in Stadtrandlage *sehr kleinteilige Grundstücksentwicklung mit unterschiedlichen Akteuren *Auszeichnung: Flächenrecyclingpreis 2016
<b>Energieversorgung</b>	*im Vorfeld Untersuchung verschiedener Varianten zur Energieversorgung (Gutachten im Auftrag der Stadt) *Nahwärmenetz der Stadtwerke: Nutzung der Abwärme einer nahe liegenden Kläranlage (Betrieb von BHKW mit Gas aus Kläranlage) *rechtliche Sicherung: Anschlussverpflichtung + Unterlassung von eigenen Energiequellen (Versorgungskonzept Gegenstand der Grundstücksausschreibungen + -kaufverträge)
<b>Energieversorgung</b>	*Realisierung der Versorgungsanlagen durch Betreiber der Kläranlage + Stadtwerke Tübingen *PV-Anlagen individuell in den Projekten (nur wenige realisiert)
<b>Gebäude (Energiestandard etc.)</b>	*damals über gesetzlichem Standard: KfW-Effizienzhaus 70 (Vorgabe durch Stadt); tw. Gebäude auch darüber (z.B. Plusenergiehaus einer Baugemeinschaft) *Festsetzung in B-Plan: mind. 70 % der Dachfläche zu begrünen > Ausnahme: Dachflächen mit PV-Anlagen
<b>Mobilität/Verkehr</b>	*zahlreiche Carsharing-Parkplätze im Quartier *Verlängerung von Buslinien *kurze Wege durch Nutzungsmischung im Quartier

Abb. 55: Blick auf die kleinteilige Bebauung



Quelle: eigene Aufnahme (2016)

## Tübingen: Alte Weberei

<b>Stadt</b>	88.000 EW, Baden-Württemberg
<b>Bauzeit</b>	2011-2015
<b>Größe</b>	10 ha; ca. 300 WE
<b>städtebauliches Konzept</b>	*Blockstrukturen mit Geschosswohnungsbau; in Randbereichen Reihen- + Doppelhäuser; Integration von Bestandsgebäuden *kleinteilige Bebauung (v.a. Baugemeinschaften) *Nutzungsmischung (v.a. in EG-Bereichen)
<b>Nutzungen</b>	v.a. Wohnen (Miete + Eigentum), kleinteiliges Gewerbe, Kita, Gastronomie, Einzelhandel
<b>Projektentwicklungsstrategie</b>	*Erwerb der Brachfläche durch städtische Wirtschaftsförderungsgesellschaft *nach Baurechtschaffung + Baureifmachung: kleinteilige Veräußerung der Grundstücke durch Konzeptvergabe vorrangig an Baugruppen
<b>Projektbeteiligte</b>	*Wirtschaftsförderungsgesellschaft Tübingen (WIT), Geschäftsbereich Projektentwicklung (Zwischen-erwerb, Projektentwicklung) *Stadt Tübingen (v.a. Baurechtschaffung) *Hähmig Gemmeke Architekten (Städtebau) *Stadtwerke Tübingen (Energieversorgung)

## 4.3 ERKENNTNISSE AUS DEN PROJEKTANALYSEN

Die Recherche zeigt, dass häufig ausgerechnet in Einfamilienhausgebieten besondere Energieversorgungskonzepte umgesetzt und für solche Gebiete Begriffe wie klimaneutral oder emissionsfrei verwendet werden (z.B. zero:e park in Hannover). Dabei sind Einfamilienhäuser v.a. wegen der geringen Bebauungsdichte und dem hohen Verkehrsaufwand per se keine umwelt- bzw. klimaschonende Bauform. In solchen Gebieten ist es auch vergleichsweise einfach, einen hohen Anteil des Energiebedarfs aus regenerativen Quellen zu decken, da im Verhältnis zur beheizten Nutzfläche viele Flächen für die Energiegewinnung zur Verfügung stehen. Im Rahmen der Recherchen wurden gemessen an der Dringlichkeit und Wichtigkeit des Themas nur wenige verdichtete Neubau-

quartiere gefunden, bei denen das Thema Klimaschutz bestimmend war und in seiner Komplexität auf allen relevanten Ebenen berücksichtigt wurde. Die Auswertungen der energetischen Maßnahmen lassen erkennen, dass oftmals der Fokus nur auf einer regenerativen Stromversorgung mit PV-Anlagen liegt. Der Wärmebedarf für Raumheizung und Trinkwarmwasser, der einen großen Teil des Energiebedarfs von Haushalten ausmacht, ist deutlich seltener Bestandteil von innovativen Energiekonzepten. Viele Quartiersentwicklungen werden an bestehende, auf fossilen Energieträgern basierende Fernwärme angeschlossen, wenn Leitungen mit ausreichender Kapazität in der Nähe vorhanden sind. Etliche Neubaugebiete wurden als monofunktionale Wohngebiete ohne Nutzungsmischung realisiert. Bei einigen größeren Entwicklungsprojekten wurde die Strategie verfolgt, einzelne Gebäude als „Leuchttürme“ mit besonderen Klimaschutzkonzepten umzusetzen, die dann die Außenwirkung des Quartiers als klimafreundlich prägen sollen. Häufig werden Begriffe, die die Zielsetzung beim Energiebedarf oder beim CO<sub>2</sub>-Ausstoß (z.B. Nullenergie-Siedlung) auf Grundlage von Abschätzungen im Vorfeld beschreiben, Bestandteil der Quartiersbezeichnung. Ob die Ziele tatsächlich dauerhaft erreicht und damit die Begriffe zu Recht verwendet werden, wird in der Nutzungsphase meist aber nicht untersucht.

Die Analyse der Projekte zeigt, dass die Initiative für die Umsetzung von besonderen Klimaschutzmaßnahmen von unterschiedlichen Akteuren ausgehen kann. Oft sind es Städte bzw. Stadtverwaltungen, die neue Baugebiete mit hohen Anforderungen an den Klimaschutz entwickeln wollen. Es gibt aber auch Projekte, in denen besonders engagierte Investoren (z.B. Bad Aibling, Ludmilla Wohnpark) von selbst aus verschiedenen Gründen (z.B. eigene Überzeugung, Vermarktungsvorteile, Geschäftsmodell) über den Standard hinausgehende Konzepte realisieren. Je nach Rahmenbedingungen und Eigentumsverhältnissen der Grundstücke stehen Städte bei der Entwicklung neuer Baugebiete vor der Frage, welche Rolle und Aufgaben sie übernehmen sollen bzw. können. Deutlich wurde in den Projektanalysen, dass die Umsetzung von ambitionierten Klimaschutzkonzepten zu einem erhöhten Aufwand bei Personal, Finanzmittel, Abstimmung und Zeit führen kann. Gerade wenn die Städte die Initiative ergreifen und Konzepte vorantreiben, muss auch ausreichendes und fachlich qualifiziertes Personal vorhanden sein. Innovative Energieversorgungssysteme wie z.B. im NeckarPark in Stuttgart sind über viele Jahre in langen Planungs- und Abstimmungsprozessen entstanden – in der Verwaltung wurden eigens dafür Stellenanteile geschaffen. Die Komplexität und der Aufwand für die Umsetzung erhöhen sich dabei zusätzlich, wenn die Flächen kleinteilig parzelliert von unterschiedlichen Bauherren bebaut werden.

Bei der Frage, inwieweit Projektentwicklern und Bauherren Vorgaben gemacht und Verpflichtungen auferlegt werden können, verfolgen Städte sehr unterschiedliche Strategien. Einige setzen auf Freiwilligkeit, andere fordern durch Verträge oder – sofern rechtlich möglich – durch Bebauungspläne bestimmte Maßnahmen zwingend ein (z.B. PV-Anlagen, Anschlusszwang an Wärmenetz, Vorgaben zum Gebäudeenergiestandard). Die Städte greifen in unterschiedlichem Maße auf die verschiedenen zur Verfügung stehende Sicherungsinstrumente zurück, um die Einhaltung der Ziele langfristig zu garantieren. Bei vielen Projekten mit einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung (z.B. Gutleutmatten, Alte Weberei, HafenCity) setzen Städte einen Anschluss- und Benutzungszwang fest, um durch eine garantierte Abnahme den wirtschaftlichen Betrieb von eigens aufgebauten Wärmenetzen zu sichern.

Die vergleichende Auswertung der Projekte lässt den Schluss zu, dass im Hinblick auf den Klimaschutz ambitionierte Projekte am häufigsten auf Flächen entstehen, die sich im Eigentum von Städten befinden oder bei denen sich Städte insbesondere über städtebauliche Verträge große Einflussmöglichkeiten gesichert haben. Am größten sind die Steuerungs- und Einflussmöglichkeiten, wenn die Städte entweder bereits im Eigentum der Grundstücke sind oder diese zwischenerwerben, um sie später mit bestimmten Anforderungen beispielsweise zur Energieversorgung an geeignete Investoren weiter zu veräußern. Die Vorgaben werden hierbei in den Grundstückskaufverträgen detailliert und langfristig gesichert. Unter den untersuchten Projekten befinden sich auch einige Beispiele, bei denen die Baugrundstücke im Rahmen von Konzeptvergaben an Bauherren vermarktet wurden (z.B. Alte Weberei in Tübingen, Neckarbogen in Heilbronn, Olgaareal in Stuttgart). Solche Vergabeverfahren, bei denen die Konzeptqualität und nicht der Preis entscheidet, können bei einer entsprechenden Ausgestaltung der Bewertungskriterien ein zielführendes Instrument sein, um die Entstehung von Gebäuden mit besonderen Klimaschutzmaßnahmen zu befördern. Bei dem für den Klimaschutz wichtigen Handlungsfeld der Energieversorgung zeigen sich in den untersuchten Projekten sehr unterschiedliche Umsetzungsstrategien. Bei einigen Projekten wie z.B. Alte Weberei (Tübingen) oder Gutleutmatten (Freiburg) wurden im Vorfeld der Grundstücksvermarktung übergeordnete Versorgungssysteme errichtet, die die Bauherren meist auch verpflichtend nutzen müssen. Dahingegen gibt es Projekte wie den Neckarbogen in Heilbronn, bei denen die verschiedenen Bauherren in einem Baublock nach Erhalt der Grundstücksoption verpflichtet werden, gemeinsam eine Energieversorgung zu entwickeln und aufzubauen. Von großer Bedeutung bei der quartiersbezogenen Versorgung ist stets die Frage, wer das Konzept entwickelt und wie ein geeigneter Versorger und Betreiber gefunden werden kann. Es gibt Städte, die direkt auf den lokalen

Energieversorger zurückgreifen. Andere Städte, wie Hamburg, schreiben die Energieversorgung von neuen Baugebieten in einem Wettbewerbsverfahren mit bestimmten Vorgaben und Bewertungskriterien aus. In der Neuen Weststadt in Esslingen wurde beispielsweise ein Unternehmen mit städtischer Beteiligung gegründet, um innovative Technologien umzusetzen. Die Auswertungen der Projekte zeigt, dass für die Realisierung von quartiersbezogenen Konzepten nicht nur im Bereich Energie, sondern auch im Bereich Mobilität der Aufbau von Organisationsstrukturen erforderlich werden kann, die die Einrichtung und den Betrieb der eigens geschaffenen Angebote übernehmen (z.B. Mobilitätsdienstleister in Franklin/ Mannheim).

Die Analyse der realisierten Projekte verdeutlicht die große Schwierigkeit, dass viele Maßnahmen, die auf der einen Seite zum Schutz des Klimas beitragen, auf der anderen Seite aber die Bau- und damit die Wohnkosten erhöhen, die derzeit wegen der starken Preisanstiege in den letzten Jahren eine hohe gesellschaftliche Brisanz haben. Da innovative Konzepte meist zu nicht unerheblichen Mehrkosten führen, reagieren einige Städte zur Kompensation mit Förderungen oder sonstigen Erleichterungen (z.B. Bahnstadt in Heidelberg, Gutleutmatten in Freiburg). Zudem zeigt die Analyse, dass viele Projekte mit innovativen Systemen für die Energieversorgung öffentliche Förderungen zum Teil in Millionenhöhe erhielten. Einige innovative Konzepte entstanden zudem im Rahmen von öffentlich geförderten Forschungsprojekten in Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen.

Die untersuchten Projekte zeigen, dass in Bezug auf den Klimaschutz viele einzelne sinnvolle Ansätze und Maßnahmen realisiert wurden. Nur wenige Projekte setzen allerdings in mehreren relevanten Handlungsfeldern gleichzeitig Innovationen um. Während häufig in den Bereichen Energieversorgung und Mobilität Maßnahmen realisiert werden, wird das Thema Baustoffe kaum berücksichtigt. Auch städtebauliche Optimierungen für eine bestmögliche Nutzung solarer Gewinne lassen sich in den ausgewerteten Projekten kaum finden. Auffallend ist, dass oftmals auf Zertifizierungssysteme (z.B. DGNB) zurückgegriffen wird. In der Hamburger Hafencity wurde ein eigenes System (Umweltzeichen HafenCity) entwickelt, das hohe Anforderungen an die Gebäude stellt und somit garantiert, dass die Klimaschutzziele erreicht werden.

Nur wenige der ausgewerteten Projekte werden in der Nutzungsphase evaluiert und damit erhoben, ob die gesteckten Ziele auch tatsächlich erreicht wurden. In den meisten Fällen liegen somit keine fundierten Informationen vor, inwieweit die Maßnahmen zu den gewünschten CO<sub>2</sub>-Einsparungen führen und ob möglicherweise Nachbesserungen sinnvoll sind. Projekte, bei denen Evaluierungen beispielsweise des Energieverbrauchs durchge-

führt wurden, zeigten, dass solche Überprüfungen in der Nutzungsphase höchst sinnvoll sein können. Teilweise konnten deutliche Diskrepanzen zwischen den Berechnungen im Vorfeld und dem tatsächlichen Energieverbrauch festgestellt und auf Grundlage dieser Erkenntnisse Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

# KONZEPTIONELLE ÜBERLEGUNGEN DER HFT FÜR DIE SPINELLI BARRACKS

**104** Forschungsprojekt i\_city an der HFT Stuttgart

**105** Rahmenbedingungen und Grundlagen

**112** Konzept für eine klimaschonende Bebauung

**113** Überlegungen für eine klimaschonende Energieversorgung





5

# 5 KONZEPTIONELLE ÜBERLEGUNGEN DER HFT FÜR DIE SPINELLI BARRACKS

## 5.1 FORSCHUNGSPROJEKT I\_CITY AN DER HFT STUTT GART

Im Rahmen eines Teilprojekts der Forschungs- und Innovationspartnerschaft „Intelligente Stadt (i\_city)“ erarbeitete die HFT für die Konversionsfläche der Spinelli Barracks in Mannheim Vorschläge, wie die geplante Bebauung möglichst klimaschonend entwickelt werden könnte. Bei i\_city handelt es sich um eines von bundesweit zehn Siegerkonzepten im Wettbewerb „FH-Impuls“. FH-Impuls ist eine Maßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), um die Wettbewerbsfähigkeit von Fachhochschulen im Wissenschaftssystem weiter zu stärken und zugleich ihre Sichtbarkeit in Wirtschaft und Gesellschaft zu erhöhen. Idee dabei ist es, dass Hochschulen strategische Forschungs- und Innovationspartnerschaften mit Unternehmen und weiteren Einrichtungen aus dem regionalen Umfeld eingehen und sich auch die Wirtschaft finanziell an den Forschungsprojekten beteiligt. i\_city zielte darauf ab, mit Hilfe der verschiedenen Forschungskompetenzen an der HFT und externen Partnern innovative Konzepte für die intelligente Stadt der Zukunft zu entwickeln. Um den Austausch zu fördern und dauerhafte Netzwerke im Bereich der intelligenten Stadt aufzubauen, wurden Veranstaltungen mit allen an i\_city beteiligten Akteuren durchgeführt. Für die Bearbeitung der knapp 20 i\_city-Teilprojekte erhielt die HFT insgesamt rund 5,4 Mio. € Fördergelder. Die Forschung wurde dabei räumlich auf quartiersbezogene Fallstudien mit unterschiedlichen Nutzungen (Wohnen, Büro, Gewerbe) fokussiert. (vgl. Website i\_city) Die Teilprojekte lassen sich den folgenden sechs Handlungsfeldern zuordnen:

- nachhaltige Stadtentwicklung und energetische Quartierskonzepte
- Informationsplattform und urbane Simulationssysteme
- Energiemanagement, Informations- und Kommunikationstechnologie
- innovative Gebäudestrukturen und Technologien
- nachhaltige Mobilität
- Finanzierung und Akzeptanz

### Teilprojekt Spinelli Barracks

Im Teilprojekt Spinelli Barracks befasste sich die HFT mit Fragen des Klimaschutzes auf unterschiedlichen Maßstabsebenen. Zwischen 2017 und 2019 war die HFT in das Stadtentwicklungsprojekt Spinelli Barracks in Mannheim involviert. Gegenstand der Untersuchung waren die geplanten Baugebiete auf dem ehemaligen Kasernenareal, auf dem 2023 eine Bundesgartenschau (BUGA) stattfinden wird. Ziel war es, die Erarbeitung eines Entwicklungskonzepts für ein „intelligentes Stadtquartier“ wissenschaftlich zu begleiten und auf Grundlage dieser Erkenntnisse einen Maßnahmenkatalog für vergleichbare Flächenentwicklungen zu erstellen.

Im Fokus stand die Frage, wie eine Bebauung entstehen kann, die das Klima nicht bzw. kaum belastet, aber dennoch bezahlbar ist und einen hohen baukulturellen Anspruch erfüllt. Durch welche konkreten Rahmenbedingungen und Angebote können den künftigen Bewohnern auf Spinelli ein möglichst klimaschonendes Wohnen und Alltagsleben ermöglicht werden?

Das Teilprojekt wurde an der HFT unter der Leitung des Zentrums für Nachhaltige Stadtentwicklung (ZNS) bearbeitet. An der Ausarbeitung des Energiekonzepts wirkten das Zentrum für Nachhaltige Energietechnik (zafh.net) sowie das Zentrum für Geodäsie und Geoinformatik (ZGG) mit. Insgesamt stand an der Hochschule eine volle Mitarbeiterstelle über die zweijährige Laufzeit zur Verfügung. In dem Teilprojekt konnte eine Projektpartnerschaft mit dem Unternehmen Drees & Sommer aufgebaut werden, das einen Teil der Personalkosten kofinanzierte. Als weitere lokale Partner konnten die Stadtverwaltung Mannheim, die MWS Projektentwicklungsgesellschaft mbH sowie die MVV Energie AG gewonnen werden. Die HFT wurde in verschiedene Planungsschritte und Prozesse vor Ort eingebunden. Seitens der Stadt wurden umfangreiche Daten und Informationen zur Verfügung gestellt, damit eigene Untersuchungen und Berechnungen durchgeführt werden konnten. Das Projektteam der Hochschule nahm an verschiedenen internen und öffentlichen Veranstaltungen der Stadt zur Vorbereitung der Planungen teil. Das Forscherteam brachte dabei Fachexpertise und eigene innovative Vorschläge insbesondere für die Energieversorgung der Neubebauung ein. Die erarbeiteten Konzepte wurden mit den Projektverant-

wortlichen vor Ort diskutiert und vor dem Hintergrund der besonderen Rahmenbedingungen auf Spinelli (v.a. Zeitdruck) hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit überprüft.

Unter anderem verfasste die HFT einen Beitrag für den städtebaulichen Rahmenplan, der im Oktober 2018 vom Mannheimer Gemeinderat beschlossen wurde. Die HFT begleitete den Entwicklungsprozess der Spinelli Barracks über zwei Jahre und erhielt dabei praxisnahe Einblicke in die Herausforderungen und Schwierigkeiten bei der Realisierung komplexer und ambitionierter Konzepte – insbesondere im Bereich Energie. Mit Hilfe des konkreten Untersuchungsbeispiels konnten sowohl technische und wirtschaftliche Fragestellungen der Energieversorgung als auch Strategien und Handlungsmuster der verschiedenen Akteure praxisnah beleuchtet werden.

Aus den Erkenntnissen konnte ein Katalog an kommunalen Handlungsoptionen erarbeitet werden, mit Hilfe derer Städte Brachflächen in energetisch optimierte, städtebaulich anspruchsvolle und zugleich wirtschaftlich darstellbare und sozial verträgliche Quartiere verwandeln können. Diese in Frage kommenden Strategien werden in Kapitel 6 erläutert.

### Vorgehensweise im Forschungsprojekt

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde zunächst der aktuelle Forschungsstand aufgearbeitet und beispielgebende Projekte ausgewertet (siehe Kap. 4). Darauf folgte eine umfassende Bestandsaufnahme und -analyse aller relevanten Aspekte auf städtebaulicher, baulicher und technischer Ebene im Bereich der Spinelli Barracks. Nach der Erarbeitung und Abwägung der verschiedenen Potenziale wurde ein Entwicklungskonzept mit dem Schwerpunkt auf der Energieversorgung für ein „intelligentes Stadtquartier“ auf Spinelli erarbeitet. Um die Ergebnisse zu reflektieren und mit Experten aus der Wissenschaft und Praxis abzustimmen, führte das Projektteam Workshops mit unterschiedlichen Akteuren an der Hochschule durch und nahm – teilweise mit eigenen Beiträgen – an zahlreichen interdisziplinären Fachwerkstätten und Abstimmungsterminen mit den Projektpartnern in Mannheim teil.

Abb. 56: Workshop im Januar 2018 im Rahmen des Forschungsprojekts



Quelle: eigene Aufnahme (2018)

Im Folgenden werden zunächst die Rahmenbedingungen in Mannheim sowie die Ausgangslage und der Planungsprozess der Gebietsentwicklung Spinelli Barracks erläutert. Anschließend werden die Vorgehensweise der HFT bei der Erstellung des Energieversorgungskonzepts sowie die Rückkopplung mit den Projektpartnern vor Ort beschrieben.

## 5.2 RAHMENBEDINGUNGEN UND GRUNDLAGEN

### 5.2.1 Mannheim

Die Universitätsstadt Mannheim liegt im Dreiländereck Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen und ist die drittgrößte Stadt in Baden-Württemberg. Die Zahl der Einwohner steigt seit Jahren und erreichte im Jahr 2019 mit mehr als 320.000 einen Höchststand in den zurückliegenden Jahren. Mannheim ist das wirtschaftliche und kulturelle Zentrum der Metropolregion Rhein-Neckar mit insgesamt 2,35 Mio. Einwohnern. Der Mannheimer Hauptbahnhof ist der zweitgrößte Eisenbahnknoten in Südwestdeutschland. Der öffentliche Personennahverkehr erfolgt in Mannheim über Straßenbahn- und Buslinien. Wegen der geschützten Lage im Oberrheingraben herrscht in Mannheim für mitteleuropäische Verhältnisse ein sehr mildes Klima. Wie in vielen anderen Städten stiegen auch in Mannheim in den letzten Jahren die Preise für Miet- und Eigentumswohnungen stark an. Die Angebotsmiete für eine durchschnittliche Mietwohnung mit 68 m<sup>2</sup> Wohnfläche lag 2018 bei 9,98 € Nettokalt- bzw. 12,25 € Warmmiete pro Quadratmeter Wohnfläche. Dies entspricht einem Anstieg von 29 % seit 2010 (vgl. Stadt Mannheim 2019: 24 f., 30).

Abb. 57: Sammlung von Ideen für das Klimaschutzkonzept

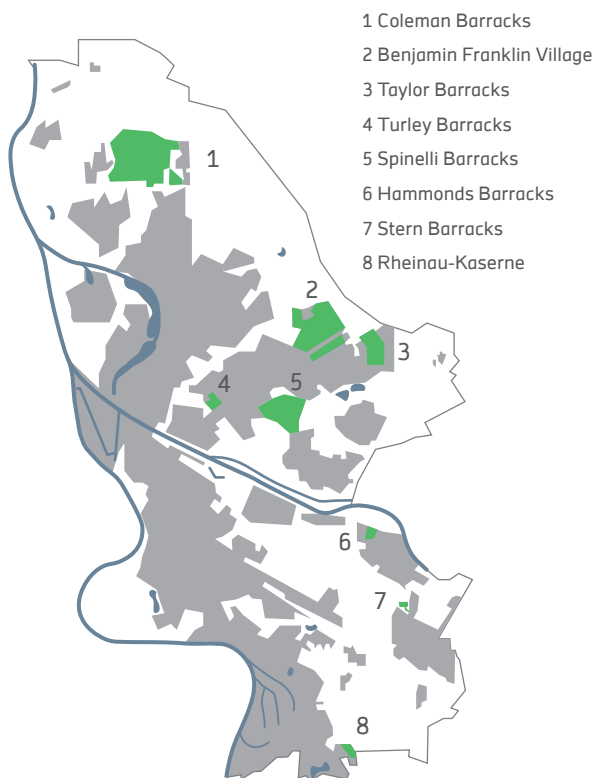


Quelle: eigene Aufnahme (2018)

## Militärische Konversionsgelände

Im Sommer 2010 gaben die US-Militärbehörden bekannt, die Militärstandorte in Mannheim sukzessive aufzugeben. Die Stadt stand damit vor der großen Herausforderung, über 510 ha bislang militärisch genutzter Flächen einer zivilen Nutzung zuzuführen. Das Flächenpotenzial bietet eine einmalige Chance für die Stadtentwicklung. Zwischen 2011 und 2016 fand in Mannheim ein Weißbuchprozess statt, um gemeinsam mit den Bürgern Ideen für die Zukunft Mannheims zu entwickeln und die planerischen Rahmenbedingungen für den anstehenden Konversionsprozess zu erarbeiten. Die Ergebnisse dieses groß angelegten Beteiligungsprozesses wurden in vier Weißbüchern dokumentiert und in einem Eckpunktepapier zusammengefasst, das vom Gemeinderat als Grundlage für den weiteren Prozess beschlossen wurde. (vgl. Website Mannheim\_Weißbuch)

Abb. 58: Überblick über die Konversionsflächen in Mannheim



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: Stadt Mannheim 2019: 17

In umfangreichen Planungsprozessen wurden für die einzelnen Militärareale unterschiedliche Nutzungsprofile erarbeitet. Neue Wohn- und Gewerbegebiete wurden und werden geschaffen, bestehende und neue Freiflächen entwickelt und qualifiziert und die Verkehrsinfrastruktur neu ausgerichtet und angepasst. Auf den Konversionsflächen entstehen insgesamt rund 7.700 Wohnungen (vgl. Stadt Mannheim 2019: 18). Im Zuge des

Konversionsprozesses wurden verschiedene Gutachten und Untersuchungen erarbeitet. Beispielsweise zeigt das Gutachten „Blue City Mannheim – Innovative Konzepte für Konversion und Ingenieursmeile“ aus dem Jahr 2013 (Bearbeitung: MVV Enamic Regioplan) Maßnahmen auf, wie die CO<sub>2</sub>-Emissionen insbesondere im Verkehrssektor reduziert werden können (vgl. MVV Enamic/ Stadt Mannheim 2013).

## Mannheimer 12-Punkte-Programm zum Wohnen

Im Mai 2018 wurde das „Mannheimer 12-Punkte-Programm zum Wohnen“ verabschiedet, das verschiedene wohnungspolitische Instrumente vorsieht (z.B. vergünstigte Abgabe von städtischen Grundstücken für den preisgünstigen Mietwohnungsbau, Vergabe nach Konzeptqualität). Ein wichtiger Bestandteil stellt das Quotenmodell dar, das beim Geschosswohnungsneubau für 30 % der entstehenden Wohnungen (mindestens jedoch 20 % der entstehenden Wohnfläche) preisgünstige Mieten vorschreibt (derzeit 7,50 €/ m<sup>2</sup>). Spinelli wird die erste große Entwicklungsfläche sein, bei dem das 12-Punkte-Programm zur Anwendung kommt (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 15, 138-140; Stadt Mannheim 2018b; Stadt Mannheim 2017a; Stadt Mannheim 2017b).

## Klimaschutzkonzeption 2020

Der Mannheimer Gemeinderat beschloss im Jahr 2009 einstimmig die Klimaschutzkonzeption 2020. Die Klimakonzeption zeigt für die Stadt eine Vielzahl an Handlungsoptionen für eine nachhaltige Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf. In einem Aktionsplan werden konkrete Maßnahmen für die Mannheimer Akteure bis zum Jahr 2020 dargestellt. In Mannheim gibt es eine Klimaschutzleitstelle in der Stadtverwaltung sowie die Mannheimer Klimaschutzagentur, die wichtige Aufgaben übernehmen, um die Ziele zu erreichen. Unter dem Motto „MANNHEIM AUF KLIMAKURS“ (2012) setzt sich die Stadt Mannheim für mehr Klimaschutz ein und bündelt strategisch alle energie- und klimaschutzpolitischen Maßnahmen. Ein Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung zukunftsfähiger Quartiere, um die ambitionierten CO<sub>2</sub>-Ziele zu erreichen. (vgl. Website Mannheim\_Klimakurs; Stadt Mannheim/ ifeu 2009)

## 5.2.2 Spinelli Barracks

Das Areal der 40 ha großen Spinelli Barracks befindet sich in den Stadtbezirken Käfertal und Feudenheim im Nordosten Mannheims in etwa 3,5 km Entfernung zur Innenstadt. Das ehemalige Kasernenareal liegt südlich der Bundesstraße 38, die die Mannheimer Innenstadt Richtung Nordosten an das Autobahnnetz anbindet. Im Westen ist der Bahnhof Käfertal fußläufig zu erreichen, der künftig wieder im Stundentakt bedient werden soll. Eine Buslinie stellt derzeit die Anbindung an den ÖPNV her.

Die Umgebung ist von heterogenen Bebauungsstrukturen sowie großen Freiflächen geprägt: Einfamilienhäuser, Geschosswohnungsbau, Gewerbebebauung, Sportplatz, Agrarflächen, Landschaftsschutzgebiet. Im Umfeld gibt es zahlreiche wichtige Einrichtungen und soziale Infrastrukturangebote (z.B. Schule, Pflegeheim). Prägende Bauwerke sind der Hochbunker im Norden des Kasernenareals in der Wachenheimer Straße und die mehr als 350 m lange denkmalgeschützte U-Halle auf dem Gelände, die in ihrer Struktur erhalten, aber baulich verkleinert wird.

Die Fläche der Spinelli Barracks hat eine große städtebauliche und ökologische Bedeutung für die Mannheimer Stadtentwicklung. Bis zum Abzug der US-Streitkräfte im Jahr 2012 hatte die Öffentlichkeit keinen Zutritt zum Gelände der Spinelli Barracks. Nach dem ebenfalls im Stadtteil Käfertal gelegenen Konversionsprojekt Franklin (80 ha) ist Spinelli die zweitgrößte Entwicklungsfläche in Mannheim. Neben der Errichtung von Wohnraum liegt der Fokus auf der Schaffung von großen Freiräumen. In der Stadtklimaanalyse Mannheim 2010 wurde aufgezeigt, dass die Kasernenbebauung den Grünzug Nordost unterbricht und die Kaltluftentstehung und -versorgung behindert. Durch die Freiräumung und Entsiegelung könnte eine Frischluftschneise entstehen, die für eine Temperaturreduzierung sogar im Stadtkern sorgen kann (vgl. Ökoplane/ Stadt Mannheim 2010: 82, 127 f.). Da weitere Untersuchungen die große Bedeutung der Flächen für das Stadtklima bestätigten, werden mehr als 70 % der

Kasernenflächen unbebauter Grünraum bleiben und als Klimapark gestaltet werden. Die nördlich und südlich an die Stadtteile Käfertal und Feudenheim angrenzenden Kasernenflächen werden baulich arrondiert. Hier sollen ca. 1.800 Wohnungen für insgesamt etwa 4.500 Menschen gebaut werden. Ungefähr 86 % der Wohnungen sollen im Geschosswohnungsbau und etwa 25 % der Wohnungen im Segment bezahlbarer Wohnraum entstehen (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 77, 89 f.).

Auf Spinelli wird im Jahr 2023 eine Bundesgartenschau veranstaltet. Die BUGA als Großereignis wird als Instrument der Stadtentwicklung eingesetzt und ermöglicht die Generierung von Fördermitteln und sonstigen Finanzmitteln. Es gibt Bestrebungen, einen Teil der Arrondierungsflächen im Norden in das Ausstellungskonzept zu integrieren, um dort Themen zu zeigen, die sowohl für den Städtebau als auch für den Freiraum relevant sind. Spinelli ist zudem eines von vier Kooperationsprojekten der IBA Heidelberg. Durch diese Kooperation soll das Projekt in größerem Rahmen präsentiert und reflektiert werden (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 71, 148-150).

Im Jahr 2017 wurden die Kasernenflächen und einige angrenzende Flächen als Sanierungsgebiet förmlich festgelegt (vgl. Stadt Mannheim 2017c). Die Stadtverwaltung erarbeitete einen städtebaulichen Rahmenplan, der im Oktober 2018 vom Gemeinderat beschlossen wurde und als Grundlage für die anstehenden Bebauungspläne dient. Die Zielsetzungen entstanden unter breiter Einbeziehung von Experten und der Bürgerschaft. Zur inhaltlichen Vorbereitung des Rahmenplans organisierte die Stadt mehrere Werkstattgespräche mit Experten zu den Themen Städtebau, Wohnbauprogramm, Qualitätssicherung, Ökologie, Klima, Mobilität, soziale Infrastruktur, Gemeinschaft und Stadtteilkultur. Die HFT war dabei laufend eingebunden und brachte eigenen Input ein. Zudem wurde im Jahr 2017 der Runde Tisch Spinelli als begleitendes politisches Gremium einberufen, um in regelmäßigen Sitzungen über den aktuellen Sachstand zu berichten. Darüber hinaus gab es weitere Veranstaltungsformate, mit denen Bürger- und Anwohnerschaft sowie spezielle Zielgruppen (z.B. Jugendliche) in den

Abb. 59: bislang Abschottung des Kasernenareals



Quelle: eigene Aufnahme (2018)

Abb. 60: Blick auf die derzeit ungenutzten Kasernengebäude



Quelle: eigene Aufnahme (2018)

Planungsprozess eingebunden wurden. (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 14 f., 32, 40-47, 66)

Die Bauflächen in nördlichen Bereich sollen in drei Bauabschnitten bebaut werden. In einer ersten Phase, die 2020 startet, soll der Bereich östlich des Sportplatzes sowie ein kleiner Teil im Westen realisiert werden. Dort verfolgt die Stadt das Ziel, ein Modellquartier zu realisieren. Im Rahmenplan wird dazu erläutert, dass die Bebauung nicht in jeder Hinsicht, aber bei den für die Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit zentralen Themen überdurchschnittlich sein soll. Dafür wurden sechs Leitmotive definiert (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 68-71):

- nachhaltig
- multicodiert/ synergetisch
- ressourcengerecht/ ressourcenschonend
- experimentell/ innovativ
- sozial/ integrativ
- „Stadt weiterbauen“

Bis zur BUGA 2023 soll ungefähr ein Drittel der Bebauung errichtet sein. Durch die Lage am Park und an den großen Freiräumen werden attraktive, zentral gelegene Wohnorte mit einer hohen Lagegunst entstehen. (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 148 f.)

Neben der HFT kooperierte die Stadt Mannheim auch mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (Landesprogramm „Klimopass“). In diesem Forschungsprojekt wurde der städtebauliche Entwurf unter dem Aspekt der

Klimaanpassung optimiert (siehe dazu S. 16) (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 102-107).

## Vorgehensweise bei der Projektentwicklung

Die städtische Tochtergesellschaft MWSP wird die für die Bebauung erforderlichen Flächen erwerben und nach der Baureifmachung an geeignete Bauherren weiterveräußern. Gemäß dem Mannheimer 12-Punkte-Programm zum Wohnen werden die Grundstücke nach der Qualität des Konzepts (Konzeptvergabe) und nicht wie bisher nach dem Höchstpreis vergeben. Bewertet wird die Qualität des Konzepts nach den Themenschwerpunkten „Nutzungskonzept“, „Städtebau/ Architektur“ und „Ökologie/ Freiraum“. Diese Art der Investorenauswahl ermöglicht eine weitreichende Qualitätssicherung sowie das Erreichen der Planungsziele. Auf Spinelli sollen unterschiedliche Wohnungsmarktakteure (z.B. Wohnungsbau-gesellschaften, Genossenschaften, Baugemeinschaften) Wohnraum schaffen (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 67, 69, 137, 157). Die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA), in deren Eigentum sich ein großer Teil der Kasernenflächen befindet, und die MWSP übernehmen den Abbruch der Gebäude, die Entsiegelung sowie die Boden-sanierung.

Abb. 61: Luftbild der Spinelli Barracks von Norden



Quelle: Stadt Mannheim, Foto: Kay Sommer

## Städtebauliches Konzept

Im Jahr 2014 wurde auf Grundlage der Ergebnisse des Weißbuchprozesses und einiger Machbarkeitsstudien ein offener landschaftsplanerischer und städtebaulicher Ideen- und Realisierungswettbewerb für die Bebauung des Spinelli-Areals ausgelobt. Der Siegerentwurf des Büros Studio Wessendorf (Städtebau) und RMP Stephan Lenzen Landschaftsarchitekten (Freiraum) wurde in der Folge weiter konkretisiert. Städtebaulich wird bei der Entwicklung von Spinelli das Ziel „Quartier statt Siedlung“ verfolgt. Auf den Flächen sollen vielfältige und innovative Wohnformen sowie ergänzende Nutzungen entstehen (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 14 f., 62 f.).

Das städtebauliche Konzept ist geprägt durch eine Mischung aus Ein- und Mehrfamilienhaustypologien zur Miete und im Eigentum. Vorgesehen sind experimentelle Wohnformen, die innovatives, urbanes Wohnen ermöglichen und Wohnen und Arbeiten kombinieren. Inmitten der Bebauung soll ein Quartierszentrum mit Wohnungen, Einzelhandel, Gastronomie, einem Ärztehaus und Dienstleistungen/ Büros sowie einem großen öffentlichen Platz entstehen. Ein neuer Supermarkt sowie kleinere Ladeneinheiten sollen die Versorgung der Bewohner sichern. In Bereichen mit erhöhter Öffentlichkeit (z.B. entlang des Parks) sollen die Erdgeschosse in den Gebäuden nicht für Wohnen, sondern für Gemeinschaftsräume oder sonstige Angebote wie Cafés genutzt werden. Im Innenbereich und am Park entstehen drei integrierte Kindertagesstätten sowie an zentraler Stelle nördlich des Sportplatzes eine zweizügige Grundschule mit Sporthalle, die bereits im ersten Bauabschnitt realisiert werden soll (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 74, 128-130).

Gemäß Ausführungen im Rahmenplan ist beabsichtigt, einen Großteil der Flächen im Bebauungsplan als allgemeines Wohngebiet auszuweisen. Im Bereich des Quartierszentrums soll durch die Ausweisung eines Mischgebiets die Grundlage für eine urbane, nutzungsgemischte Bebauung geschaffen werden. Zudem wird ein Baufeld als Sondergebiet festgesetzt, um dort die Errichtung des

Nahversorgers zu ermöglichen (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 89). Die bestehende Siedlungsstruktur der Umgebung wird auf den Bauflächen von Spinelli weitergeführt. Auf 30 % des Nettobaulands sollen Einfamilienhäuser und auf ca. 70 % Mehrfamilienhäuser entstehen. In die Bebauung am Parkrand sollen zudem fünf bis sechs Hochpunkte zwischen 30 und 36 m Höhe integriert werden. Im Bereich der Einfamilienhäuser sind Anger als gemeinschaftliche Freiflächen vorgesehen (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 79, 89). Der städtebauliche Entwurf bildet entlang des Parks eine klar ablesbare, ca. 1,5 km lange Stadtkante aus.

Entlang der Bebauung soll in den Freiflächen eine sog. Parkschale entstehen, in der eine Vielzahl an Nutzungen untergebracht wird. Die Baugebiete werden von einem hierarchischen Erschließungssystem erschlossen, das in vielen Bereichen als Schleifen ausgebildet ist. In Nord-Süd-Richtung wird über das Areal eine historische Wegeverbindung (Völklinger Straße) reaktiviert (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 52-59, 94 f.).

Neben den Bauflächen im Norden gibt es im Süden des Kasernenareals weitere Bauflächen (Bereich am Wingersbuckel), die zu einem späteren Zeitpunkt entwickelt werden sollen. Dort sollen einige Bestandsgebäude erhalten bleiben und in Mehrfamilienhäusern Eigentums- und Mietwohnungen errichtet werden. Zudem gibt es Überlegungen, den Betriebshof der Stadt Mannheim dort anzusiedeln (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 92).

## Mobilität

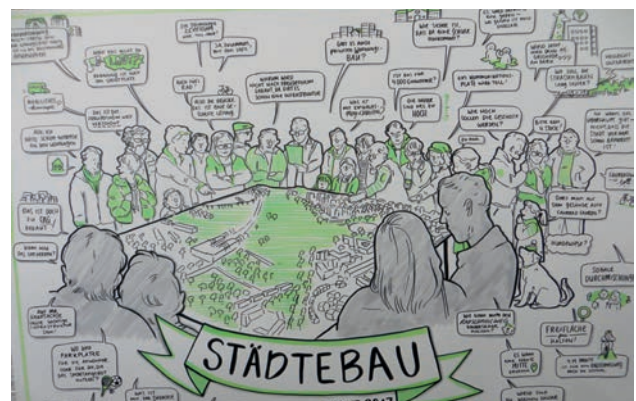
Auf Spinelli soll ein Mobilitätskonzept umgesetzt werden, das den Bewohnern die Möglichkeit eröffnet, ihre Wege möglichst umweltfreundlich zurückzulegen. Vielfältige Alternativen zum eigenen Auto und innovative Mobilitätsangebote (z.B. Sharing-Konzepte, Mobilitätspunkte) sollen geschaffen werden, um Emissionen und Beeinträchtigungen des Wohnumfelds zu vermeiden. Perspektivisch ist der Bau einer neuen Straßenbahnlinie in den Nah-

Abb. 62: Modell des neuen Quartiers



Quelle: eigene Aufnahme (2017)

Abb. 63: Grafic Recording bei einer Infoveranstaltung



Quelle: eigene Aufnahme (2017)

verkehrsplan aufgenommen worden. Bis zu deren Fertigstellung wird die Bebauung durch eine Buslinie erschlossen. Im Rahmenplan wird das Ziel formuliert, einen Großteil der privaten Stellplätze zu bündeln und möglichst nicht in Tiefgaragen, sondern in Quartiersparkhäusern oder sonstigen Sammelgaragen unterzubringen. Im Falle der Änderung des Mobilitätsverhaltens und eines Bedeutungsverlusts des privaten PKW könnten oberirdische Parkierungsbauwerke einfacher umgenutzt werden als Tiefgaragen. Für Spinelli wird eine Absenkung des in Baden-Württemberg geltenden Stellplatzschlüssels von einem Stellplatz pro Wohnung angestrebt. Im Rahmenplan wird eine Reduzierung auf 0,8 Stellplätze und bei preisreduzierten Wohnungen auf 0,6 Stellplätze je Wohnung empfohlen. Im Bereich der Einfamilienhäuser soll das Parken auf dem Grundstück weiterhin ermöglicht werden (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 87, 118-125). Ein Antrag der Grünen, einen Stellplatzschlüssel von 0,6 festzulegen, wurde im März 2020 abgelehnt, sodass generell 0,8 Stellplätze je Wohnung errichtet werden. Im Zuge der Umgestaltung der Flächen wird ein etwa vier Kilometer langer Radschnellweg durch den Grünzug errichtet. Er wird die angrenzenden Stadtteile und die Neubebauung mit der Innenstadt verbinden. Der Radweg sowie zahlreiche Sharing-Angebote im Mobilitätsbereich sollen zur Reduzierung des MIV beitragen (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 93).

## Baurechtschaffung

Für das Plangebiet wurde 2015 der Aufstellungsbeschluss für einen Bebauungsplan gefasst. Die frühzeitige Beteiligung der Öffentlichkeit sowie der Behörden und sonstigen Träger öffentlicher Belange (§§ 3 Abs. 1 und 4 Abs. 1 BauGB) erfolgte ab Frühjahr 2017. Wegen der Größe des Plangebiets und der unterschiedlichen inhaltlichen und zeitlichen Entwicklung sollen mehrere Teilbaugebiete erstellt werden. Das Bebauungsplanverfahren für den ersten Bauabschnitt wird im Jahr 2020 abgeschlossen (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 146 f.). Ergänzend zu den Bebauungsplänen schließt die Stadt mit der MWSP als Entwicklungsträgerin einen städtebaulichen Vertrag, um weitere Aspekte zu regeln und Inhalte städtischer Beschlüsse verbindlich zu machen (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 156). Um die Erreichung der Ziele über den gesamten mehrjährigen Planungs- und Realisierungsprozess zu sichern und Inhalte, die im Bebauungsplan nicht festgesetzt werden können, umzusetzen, wurde Ende 2019 ein Expertengremium zur Qualitätssicherung eingerichtet (sog. Planungskommission). Die Investoren werden dazu verpflichtet, ihre Planungen bis zur Einreichung des Baugesuchs mit diesem Gremium abzustimmen. Ein solche Vorgehensweise wurde bereits bei der Konversionsfläche Franklin erprobt (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 157).

Abb. 64: städtebauliches Konzept für Spinelli (Stand 2019)



Quelle: Stadt Mannheim, Städtebau: Studio Wessendorf



## Technische Infrastruktur

Die Spinelli Barracks waren früher an die Fernwärme angeschlossen. Auf den Kasernenflächen befinden sich in vielen Bereichen Leitungsnetze. Im Umfeld von Spinelli liegen in den Straßen sowohl Leitungen für Fernwärme als auch für Erdgas.

Abb. 65: bestehendes Fernwärme- und Gasnetz im Bereich Spinelli



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Daten der Stadt Mannheim (Leitungsplan teilweise lückenhaft)

## Aktueller Stand und Ausblick

Im Februar 2019 begannen die Rückbauarbeiten im westlichen Teil von Spinelli. 2020 starteten die Arbeiten an den Freiflächen des Grünzugs und an der Erschließung. Nach dem Satzungsbeschluss des Bebauungsplans Ende 2020 beginnen die Bauarbeiten für die Hochbauten. Im März 2019 gab es ein erstes Treffen mit potenziellen Investoren für das Modellquartier auf Spinelli. Bis Ende März haben sich mehr als 30 Interessenten beworben. Entsprechend den Vorgaben für die Konzeptvergabe von Grundstücken wird entschieden, wer in der ersten Bauphase zum Zuge kommt (vgl. Website Stadt Mannheim\_Spinelli). Durch das Fixdatum der BUGA im Jahr 2023 steht das Gesamtprojekt unter einem erheblichen Zeitdruck.

## Akteure

An der Entwicklung von Spinelli arbeiten seit Jahren zahlreiche Akteure in Mannheim zusammen. Für die Umsetzung der Ziele und Konzepte kommen den Akteuren unterschiedliche Aufgaben und Rollen zu.

## Stadtverwaltung Mannheim – Projektgruppe Konversion

In der Mannheimer Stadtverwaltung wurde 2014 die Projektgruppe Konversion als Sonderabteilung für die Entwicklung der zahlreichen Konversionsareale eingerichtet. Innerhalb der Verwaltungsorganisation ist die Projektgruppe im Dezernat IV Bauen, Planen, Verkehr und Sport im Fachbereich Geoinformation und Stadtplanung angesiedelt. Ihre Aufgaben liegen vor allem in der Koordination und Steuerung von stadt-, verkehrs- und freiraumplanerischen Belangen. Dies reicht von der Ideensammlung im Rahmen von Bürgerveranstaltungen und Workshops, über die Ausarbeitung erster Konzepte und konkreter Entwürfe sowie über die verbindliche Bauleitplanung bis hin zur baulichen Umsetzung. Die Projektgruppe arbeitet querschnittsorientiert mit einer Vielzahl an Partnern zusammen (z.B. Fachverwaltung, Entwicklungsgesellschaften, Landes- und Bundeseinrichtungen, Verbänden). Bei Bedarf beauftragt die Projektgruppe externe Fachbüros. Beispielsweise wurde ein Fachbüro engagiert, das während der Rahmenplanung beratend tätig war und die Organisation und Moderation der verschiedenen Veranstaltungen übernahm. (vgl. Website Projektgruppe Konversion)

## MWS Projektentwicklungsgesellschaft mbH (MWSP)

Die MWSP wurde im Jahr 2012 als Tochtergesellschaft der GBG Mannheimer Wohnungsbaugesellschaft mbH und der Stadt Mannheim gegründet. Sie ist für die Entwicklung der über 500 ha US-Militärflächen sowie weiterer Stadtentwicklungsprojekte in Mannheim zuständig. Kerngeschäft der MWSP stellt die Entwicklung, Erschließung, Gestaltung öffentlicher Flächen und die Vermarktung von Baugrundstücken dar. Die MWSP fungiert als zentrale Anlaufstelle für Investoren, Planer und Bürger. Die MWSP erwirbt in der Regel die Kasernenflächen, errichtet die Erschließung und verkauft die baureifen, erschlossenen Grundstücke an geeignete Investoren. Die MWSP als städtische Tochtergesellschaft ist ebenfalls an die Vorgaben des städtischen 12-Punkte-Programm für Wohnen gebunden.

Um Bürger und zukünftige Bewohner zu beteiligen, organisiert die MWSP verschiedene Veranstaltungen und betreibt eine intensive Öffentlichkeitsarbeit (z.B. Internetauftritte, Publikationen). Im Laufe der Aufsiedlung von Arealen erstellt die MWSP mehrmals im Jahr Quartierszeitungen, um über vergangene und anstehende Maßnahmen sowie über Planungen zu informieren (z.B. Franklin News). Die MWSP arbeitet eng mit der Stadtverwaltung, Fachbüros und den Investoren zusammen, die auf den Kasernenflächen Bauvorhaben errichten. Die MWSP fungiert auch als Impulsgeberin für innovative Konzepte. Beispielsweise hat sie für das große Konversionsprojekt Franklin gemeinsam mit der Stadtverwaltung ein neuartiges Mobilitätskonzept erarbeitet. Es wurde eine eigene Mobilitätsgesellschaft (Franklin Mobil) gegründet, um den Bewohnern Alternativen zum eigenen PKW anzubieten (vgl. Website Franklin mobil). Für das

Konversionsprojekt erarbeitete die MWSP mit der Stadt eigens das sog. Franklin-Zertifikat, in dem Qualitätskriterien für die Entwicklung formuliert und transparent dargestellt wurden. Dieses neue Instrument diente als Grundlage für die Verhandlungen mit den Investoren (vgl. Website MWSP\_Franklin).

Zur Sicherung der Ziele und Pflichten insbesondere von städtischen Beschlüssen auf Spinelli werden die MWSP und die Stadt einen städtebaulichen Vertrag abschließen. (vgl. Stadt Mannheim 2018a: 156)

### MVV Energie AG

Die börsennotierte MVV Energie AG hat ihren Sitz in Mannheim und ist bundesweit und im europäischen Ausland tätig. Die Geschäftsaktivitäten umfassen das Strom-, Wärme-, Gas- und Wassergeschäft ebenso wie den Energiehandel, die thermische Abfallverwertung und das Energiedienstleistungsgeschäft. Im Jahr 1999 wurde die MVV Energie als erstes kommunales Versorgungsunternehmen durch einen Börsengang teilprivatisiert. Die Stadt Mannheim ist seither Mehrheitsaktionär. Die Aktionäre sind: 50,1 % Stadt Mannheim (indirekt), 16,3 % Rheinenergie, 28,8 % EnBW Energie Baden-Württemberg, 4,8 % Streubesitz. Für die Verteilung von Energie und Wasser betreibt die eigenständige Gesellschaft MVV Netze GmbH Strom-, Gas-, Fernwärme- und Wassernetze. Am Großkraftwerk Mannheim (Steinkohle, KWK) ist die MVV Energie mit 28 % beteiligt. Die MVV betreibt in Mannheim ein knapp 570 km langes Fernwärmenetz, an das etwa 12.000 Gebäude angeschlossen sind. Aktuell stammt die Fernwärme vorrangig aus dem Großkraftwerk Mannheim (GKM). Zunehmend wird auch Abfallwärme eingebunden. Auf dem Konversionsprojekt Franklin hat die MVV einige innovative Konzepte bei der Energieversorgung und im Bereich Mobilität umgesetzt. (vgl. Website MVV\_Franklin)

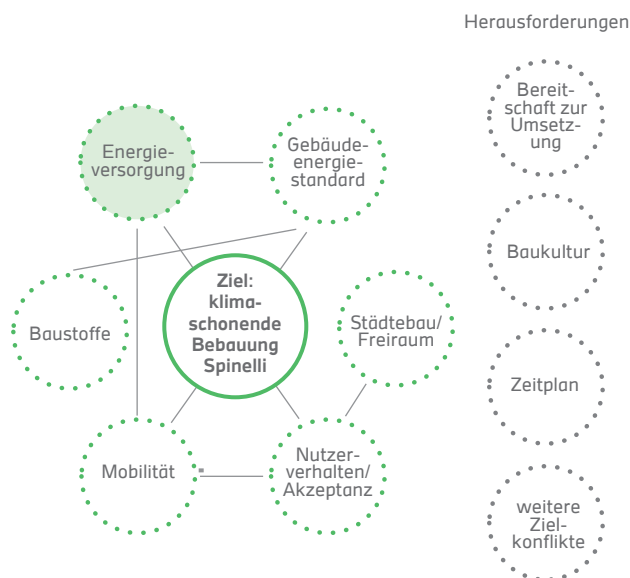
## 5.3 KONZEPT FÜR EINE KLIMASCHONENDE BEBAUUNG

Im Rahmen von i\_city erarbeitete die HFT konzeptionelle Vorschläge, wie auf den Bauflächen der Spinelli Barracks eine Bebauung entstehen kann, die das Klima möglichst wenig belastet. Nach Vorstellungen des Forscherteams sollte die Bebauung einen Beitrag zum Klimaschutz dadurch leisten, dass dort etwa 4.500 Menschen in energiesparenden Gebäuden wohnen, die umweltfreundlich mit Energie versorgt werden, und sich klimaschonend fortbewegen, ohne dabei auf Wohn- und Lebensqualität zu verzichten. Um diese Ziele zu erreichen, wurden sechs

wesentliche Handlungsfelder identifiziert, bei denen die städtischen Akteure ansetzen können:

- Energieversorgung
- Gebäudeenergiestandard
- Baustoffe
- Mobilität/ Verkehr
- Städtebau/ Freiraum
- Nutzerverhalten/ Lebensstil

Abb. 66: Handlungsfelder im Überblick



Quelle: eigene Darstellung

In den jeweiligen Handlungsfeldern wurden verschiedene Maßnahmen und Handlungsoptionen vorgeschlagen, um die Treibhausgasemissionen der entstehenden Bebauung möglichst gering zu halten. Auf Grund der großen Potenziale für CO<sub>2</sub>-Einsparungen wurde die Frage, wie die Gebäude möglichst klimaschonend mit Energie versorgt werden können, umfassend untersucht und den Projektverantwortlichen Vorschläge unterbreitet. Für die anderen Handlungsfelder wurden nur konzeptionelle Überlegungen entwickelt. Im Handlungsfeld Energiestandard wurde beispielsweise die Empfehlung ausgesprochen, dass auf Spinelli Gebäude mit einem möglichst hohen, wirtschaftlich darstellbaren Energiestandard entstehen. Da die steigenden Baukosten oft nicht mehr in einem sinnvollen Verhältnis zu den Energieeinsparungen stehen, sollte auf Forderungen, die über die gesetzlichen Vorgaben hinausgehen, verzichtet werden. Da freistehende Einfamilienhäuser wegen ihrer Bauform und ihres großen Flächenverbrauchs kaum Beiträge zum Klimaschutz leisten, sollte hier der Ansatz verfolgt werden, einen höheren Gebäudeenergiestandard einzufordern. Im Handlungsfeld Baustoffe wurde vorgeschlagen, auf die aufwändige Erstellung von Ökobilanzen zu verzichten, sondern einfache Vorgaben für zu verwendende Baustoffe zu machen. Vorstellbar wäre beispielsweise ein Ver-

bot von Polystyrol als erdölbasiertem Dämmstoff (sofern statisch bzw. konstruktiv möglich) sowie eine weitgehende Vermeidung von Wänden aus Beton, da v.a. für die Zementherstellung enorme Mengen Energie aufgewendet werden müssen. Da der Baustoff Holz viele Vorteile bietet (z.B. nachwachsender Rohstoff, Raumklima) und insbesondere auch viel klimawirksames CO<sub>2</sub> speichert, sollten auf Spinelli möglichst viele Gebäude in Holzbauweise entstehen. Beim Handlungsfeld Mobilität/ Verkehr wurden u.a. wichtige Maßnahmen in einer Minimierung des MIV und in möglichst attraktiven Mobilitätsangeboten gesehen. Vorgeschlagen wurde, die Parkierung gebündelt in Quartiersparkhäusern unterzubringen und dort Ladeinfrastruktur mit Lastmanagement und einem hohen Anteil an regenerativem Strom zu installieren. Im Handlungsfeld Städtebau/ Freiraum gab es nur eingeschränkte Möglichkeiten, da der städtebauliche Entwurf schon weitgehend feststand. In Zusammenhang mit dem Handlungsfeld Energieversorgung, in dem eine leitungsgebundene Versorgung vorgeschlagen wurde, wurde angeregt, eine hohe Dichte zu realisieren, um für eine wirtschaftliche Realisierung eine ausreichende Abnahme von Wärme zu erreichen. Im Handlungsfeld Nutzerverhalten/ Akzeptanz wurde u.a. vorgeschlagen, Beratungs- und Informationsmöglichkeiten aufzubauen und Beteiligungsmöglichkeiten zu schaffen, um so ideale Rahmenbedingungen für ein klimaschonendes Wohnen auf Spinelli zu schaffen.

## 5.4 ÜBERLEGUNGEN FÜR EINE KLIMASCHONENDE ENERGIEVERSORGUNG

Das Zentrum für Nachhaltige Energietechnik (zafh.net) erarbeitete mit den anderen an der HFT beteiligten Zentren Vorschläge für eine möglichst klimaschonende, quartiersbezogene Energieversorgung und brachte diese in die Diskussionen vor Ort in Mannheim ein. Für die Er-

arbeitung des Energiekonzepts stellte die Stadt Mannheim umfangreiche Datengrundlagen zur Verfügung (z.B. Lagepläne, Entwürfe, Gutachten). Nach überschlägigen Berechnungen für die gesamte Neubebauung im Norden und im Süden wurde der Fokus auf den ersten Bauabschnitt gelegt, weil dieser Bereich zeitnah entwickelt werden soll und sich wegen seiner Größe und Bebauungsstruktur in besonderer Weise für eine quartiersbezogene Versorgung anbietet. Genauere Untersuchungen der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit erfolgten aus Kapazitätsgründen nur für einen typischen Baublock (Block 4).

Im Folgenden werden beispielhaft für vergleichbare Projekte die Vorgehensweise sowie die Vorschläge für die Energieversorgung der Hochschule im Rahmen des Forschungsprojekts erläutert.

### 5.4.1 Berechnungen des Energiebedarfs

Um Szenarien für die Versorgung von Spinelli entwickeln zu können, wurden in einem ersten Schritt die Energiebedarfe sowohl der gesamten geplanten Bebauung als auch separat für die vertieft betrachteten Bereiche ermittelt. Zu Grunde gelegt wurden für den nördlichen Bereich der städtebauliche Entwurf mit dem Planstand vom 12.04.2018 sowie für den südlichen Bereich die Siegerentwürfe eines Wettbewerbs, der 2017 für die dort geplanten Wohngebäude und den grünen Betriebshof durchgeführt wurde. Für die energiebasierte Bilanzierung der Gebäude wurde der Energiebedarf von Wärme sowie Strom mit Hilfe der Simulationsplattform SimStadt und dem 3d-Modell der Bebauung ermittelt. Bei SimStadt handelt es sich um eine u.a. an der HFT entwickelte Software zur Simulation des Wärmebedarfs von Gebäuden bis hin zu ganzen Stadtteilen oder Städten. SimStadt kann mit anderen Simulationstools kombiniert werden. Dadurch ist es beispielsweise möglich, Potenziale für PV-Anlagen zu simulieren.

Abb. 67: von der HFT formulierte Ziele für Spinelli im Überblick



Quelle: eigene Darstellung

## Wärmebedarf

Die Berechnung des Wärmebedarfs erfolgte nach dem Monatsbilanzverfahren (DIN 18599) automatisiert auf Basis des 3d-Modells. Für die Berechnungen wurden die geplanten Gebäude zunächst mit Hilfe von Sketchup und einem speziellen Plugin mit dem Detaillierungsgrad LoD 1 (Level of Detail) als 3d-Modell aufgebaut. Das 3d-Modell wurde als CityGML-Datei exportiert. Auf Grundlage der Geometrien des 3d-Modells und der Gebäudeeigenschaften Baujahr, Bautyp und Nutzung wurde der Wärmebedarf jedes einzelnen Gebäudes in der geplanten Neubebauung ermittelt. In die Berechnungen mit SimStadt floßen u.a. die geometrischen Eigenschaften wie Höhe und Orientierung des Gebäudes sowie Anzahl der Stockwerke und Dachform ein. Zudem wurden den einzelnen Gebäuden auf Grundlage des Baujahrs und des Gebäudetyps verschiedene bauphysikalische Eigenschaften zugewiesen. Dies erfolgte auf Basis der Deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt. Auf diese Weise wurden auch Konstruktionsweisen, typische Bauteilflächen (z.B. Fensterflächenanteil) und thermische Parameter (z.B. U-Werte) in den Bedarfsberechnungen berücksichtigt. Für alle Neubauten wurde der KfW-Effizienzhaus-55-Standard zu Grunde gelegt. Als weiterer Schritt wurden durch die im 3d-Modell hinterlegten Gebäudenutzungen die Heiz- bzw. Kühltollwerte, die Luftwechselrate sowie die jährlichen und täglichen Betriebsstunden aus der DIN 18599-10 ermittelt. Seitens der verantwortlichen Akteure war zum Zeitpunkt der Erstellung der Berechnungen nicht vorgesehen, beim Verkauf der Grundstücke auf Spinelli einen Mindestenergiestandard vorzuschreiben. Bei den Berechnungen wurde pauschal KfW-Effizienzhaus 55 als Mittelweg angenommen, da davon ausgegangen wurde, dass sowohl Bauvorhaben entstehen werden, die nur den gesetzlichen Mindeststandard erfüllen (sofern sich dieser bis dahin nicht ohnehin erhöht hat), als auch Bauvorhaben, die wesentlich höhere Energiestandards aufweisen (z.B. Passivhäuser, Plusenergiehäuser). Darüber hinaus wurden die typischen Jahreswetterdaten aus einer Datenbank abgerufen und die Einstrahlung auf die Gebäudeaußenflächen berechnet. Der letzte Bearbeitungsschritt war die eigentliche Berechnung des Wärme- bzw. Kältebedarfs nach DIN 18599. (vgl. Website SimStadt)

## Strombedarf

Der Strombedarf hängt in erster Linie von der Nutzungsart des Gebäudes ab. Viele der auf Spinelli geplanten Nutzungen abseits von Wohnen (z.B. Ärztehaus, Einzelhandel) benötigen deutlich mehr elektrische Energie als Wohnungen. Der Strombedarf wurde mit den in SimStadt ermittelten Nutzflächen und spezifischen Bedarfswerten

aus der VDI 3807-2 sowie aus Studien des Fraunhofer Instituts (ISI et al. 2009) und des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft BDEW ermittelt. Für die detaillierten Untersuchungen wurde der Leistungsverlauf für Haushalte mittels des H0-Profiles (Anpassung aus dem Jahr 2017) und für Gewerbe mit dem G1-Profil eines Jahres erzeugt.

## Ergebnisse der Bedarfsberechnungen

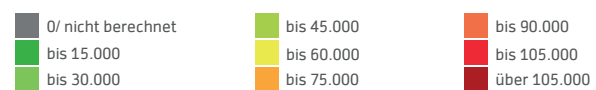
### Gesamtbebauung

Die Simulation in SimStadt ergab für die gesamte Neubebauung einen jährlichen Energiebedarf von 6.630 MWh für Heizwärme und von 4.623 MWh für Trinkwarmwasser. Der Gesamtwärmebedarf belief sich somit auf 11.253 MWh/a. Für den Strom wurde für die Gesamtbebauung ein Bedarf von etwa 6.331 MWh/a ermittelt. Eine große Unbekannte bei der Bedarfsermittlung bestand darin, dass zum Zeitpunkt der Berechnungen noch nicht abschließend geklärt war, ob auf einem oder mehreren Baufeldern im ersten Bauabschnitt Parkhäuser anstatt Tiefgaragen errichtet werden. Im Falle einer oberirdischen Unterbringung der Parkierung würden in erheblichem Maße beheizte Flächen wegfallen und sich somit die Energiebedarfe für Wärme und Strom reduzieren.

Abb. 68: Heizwärmebedarf der Gesamtbebauung

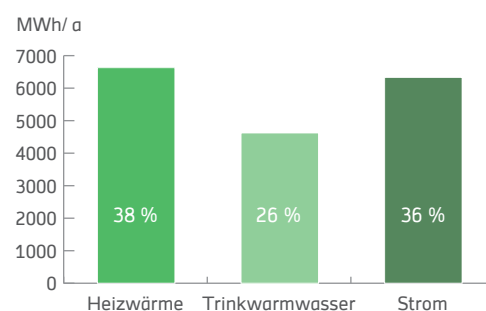


jährlicher Heizwärmebedarf [kWh/ a]



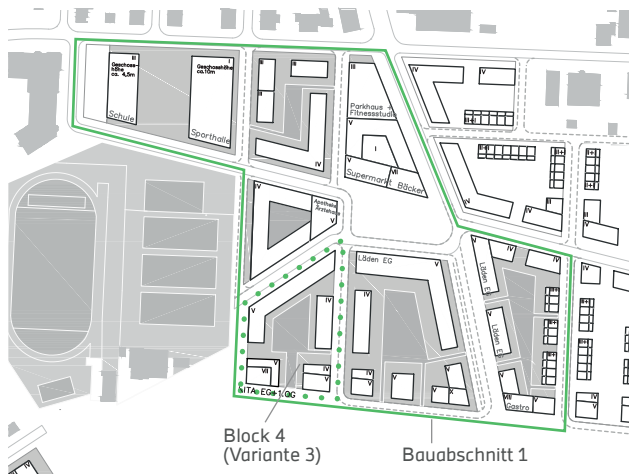
Quelle: eigene Darstellung

Abb. 69: Bedarfe der Gesamtbebauung



Quelle: eigene Darstellung

Abb. 70: Abgrenzung der verschiedenen Untersuchungsbereiche

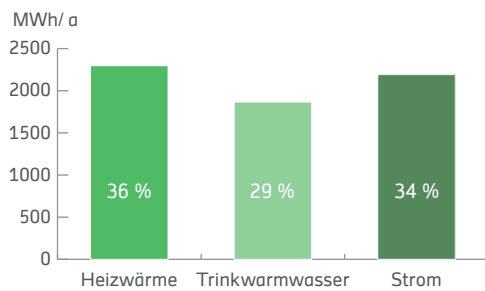


Quelle: eigene Darstellung

### 1. Bauabschnitt

Im ersten Bauabschnitt (ohne den Bereich im Westen des Sportplatzes) entstehen nach Berechnungen der HFT ca. 550 Wohneinheiten sowie ca. 12.500 m<sup>2</sup> sonstige Nutzfläche (z.B. Einzelhandel, Schule, Kindergärten). Der erste Bauabschnitt umfasst insgesamt sieben Blöcke, in denen in einigen Bereichen keine Wohnnutzung entstehen soll. Die Energiebedarfsberechnungen ergaben einen Heizwärmebedarf von etwa 2.300 MWh/a sowie einen Warmwasserbedarf von rund 1.870 MWh/a. Beim Strom wurde ein Bedarf von rund 2.200 MWh/a ermittelt.

Abb. 71: Bedarfe der Bebauung in Bauabschnitt 1 (BA1)



Quelle: eigene Darstellung

Abb. 72: Heizwärmebedarfe in Bauabschnitt 1

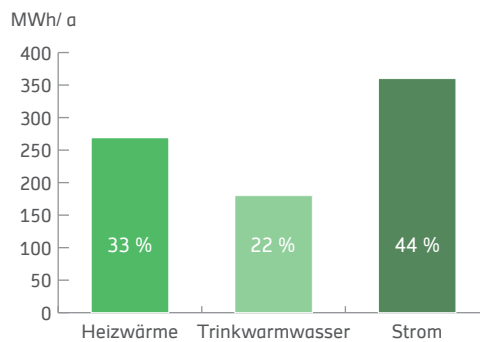


Quelle: eigene Darstellung

### Block 4 im 1. Bauabschnitt

Einige Fragestellungen wurden im Detail nur für einen beispielhaften Block im ersten Bauabschnitt untersucht. Dabei wurde Block 4 herausgegriffen, der im Südwesten an den Park und den Sportplatz angrenzt. In dem Block können ca. 100 Wohnungen sowie 700 m<sup>2</sup> weitere Nutzflächen (z.B. Läden, Kindergarten) realisiert werden. Für den Baublock ist von einem Heizwärmebedarf von rund 270 MWh/a sowie einem Warmwasserbedarf von 180 MWh/a auszugehen. Der Strombedarf beläuft sich nach den Berechnungen der HFT auf etwa 360 MWh/a.

Abb. 73: Bedarfe der Bebauung in Block 4



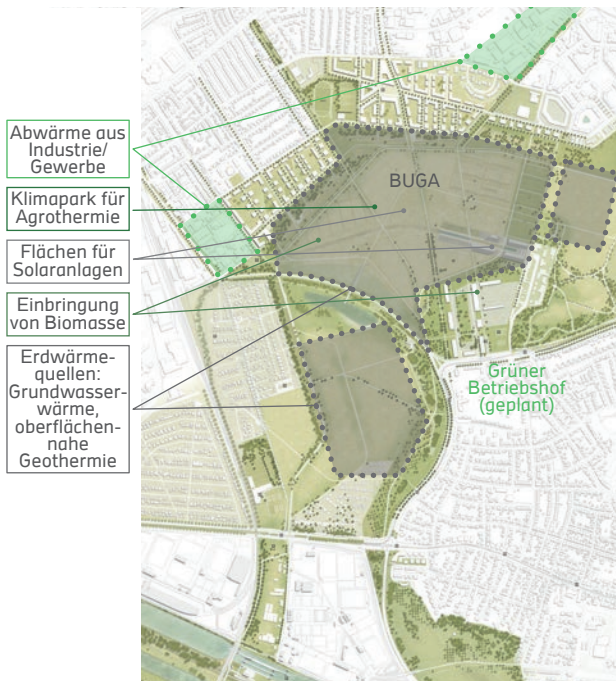
Quelle: eigene Darstellung

Für den schwerpunktmäßig untersuchten Block 4 im ersten Bauabschnitt wurden dynamische Simulationen mit stündlichen Profilen erstellt. Um Werte annäherungsweise ermitteln zu können, wurde der Jahresbedarf an Heizwärme anhand des Außentemperaturverlaufs verteilt. Für die Verteilung des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung konnten aufgrund der großen Anzahl an Wohnungen keine Standardprofile verwendet werden. Um eine Annäherung an den realen stündlichen Bedarf zu erhalten, wurde ein Gleichzeitigkeitsfaktor aus einem anderen, an der HFT bearbeiteten Forschungsprojekt genutzt. Dieser berücksichtigt das individuelle Zapfverhalten von mehreren Abnehmern.

### 5.4.2 Potenziale für die Energieversorgung

Parallel zur Ermittlung der Energiebedarfe der Neubeauung wurden systematisch sämtliche Potenziale erhoben, die im Untersuchungsgebiet oder dessen Umfeld für die Energieversorgung in Frage kommen könnten. Im Fokus lagen dabei regenerative Energiequellen. Anschließend wurden die potenziellen Energiequellen dahingehend bewertet, ob sie sinnvoll erschlossen und langfristig genutzt werden können.

Abb. 74: energetische Potenziale im Bereich Spinelli im Überblick

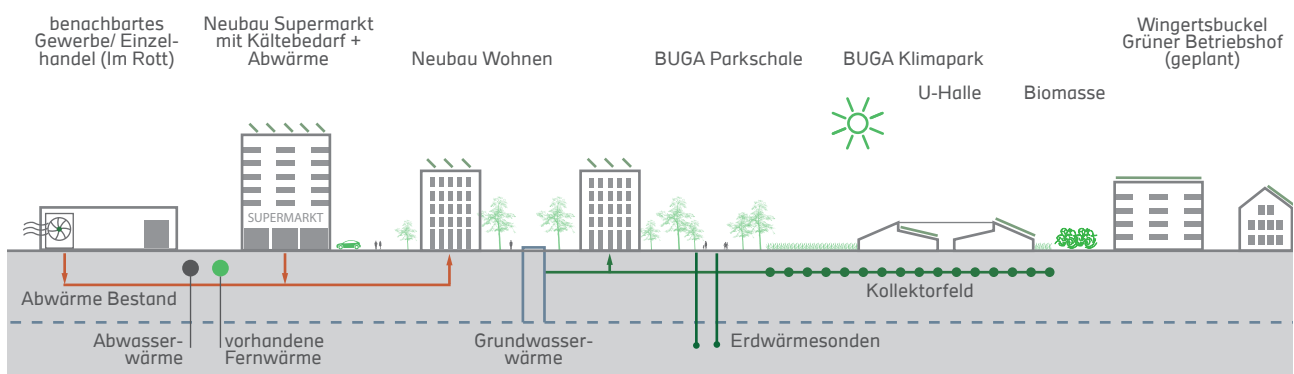


Quelle: eigene Darstellung (Grundlage Lageplan RMP Lenzen 9/2017)

### Solarpotenzial der Dachflächen

Innerhalb der neuen Bebauung bieten die Dachflächen der Gebäude ein großes Potenzial für die Errichtung von Solarthermie- oder PV-Anlagen. Mit Hilfe des Programms SimStadt wurde auf Grundlage des erstellten 3d-Modells berechnet, wie viel PV-Strom auf den Dächern unter Annahme bestimmter Voraussetzungen (z.B. Mindestgröße der Dachfläche, Mindestmaß an Solareinstrahlung) erzeugt werden könnte. Wegen der zahlreichen im städtebaulichen Entwurf vorgesehenen Staffelgeschosse wurden bei den PV-Berechnungen nur die obersten Dachflächen einbezogen. Wegen Verschattung, Begehungsflächen und technischen Aufbauten kann nicht die gesamte Dachfläche genutzt werden. Bei einer Nutzung von 50 % der Dachflächen lässt sich bei einem Wirkungsgrad von 15 % der PV-Anlagen ein jährlicher Ertrag von etwa 5.000 MWh erreichen.

Abb. 75: Potenziale für die Energiegewinnung im Bereich Spinelli



Quelle: eigene Darstellung

Auf den Dachflächen des ersten Bauabschnitts würden sich mit dieser Berechnungsweise etwa 1.200 MWh/ a und im vertieft untersuchten Block 4 rund 197 MWh/ a PV-Strom erzeugen lassen.

Als weiteres Potenzial kommen die langgestreckten Dachflächen der U-Halle auf der ehemaligen Kasernenfläche in Betracht, die in Teilen erhalten werden sollen und somit zur Energieversorgung der benachbarten Quartiere genutzt werden könnten. Eine überschlägige Berechnung ergab, dass etwa 1.000 MWh/ a Strom auf diesen Dächern erzeugt werden könnten.

### Freiflächen

Als großes Potenzial für die Energiegewinnung wurden die weitläufigen Freiflächen auf und neben dem ehemaligen Kasernenareal identifiziert. Die zusammenhängenden, weitgehend baumfreien Flächen würden sich für die Errichtung von Freiflächensolaranlagen, aber auch für die Erschließung von Erdwärme anbieten. Wie in Kap. 3.6.5 beschrieben lässt sich Erdwärme mit Hilfe unterschiedlicher Technologien gewinnen. Die Größe der Freiflächen würde den Einbau horizontaler Systeme wie Flachkollektoren ermöglichen. Da es sich auf Spinelli um stadtklimatisch sehr sensible Flächen handelt, die gerade wegen der Entstehung und des Transports von Kaltluft nicht bebaut werden sollten, wurde im Forschungsprojekt vorgeschlagen, die Potenziale der Freiflächen nur durch unterirdische Systeme zu aktivieren (oberflächennahe Geothermie). Oberirdische Anlagen würden die ökologischen Funktionen, aber auch die geplanten Freizeitnutzungen und die Gestaltung beeinträchtigen.

### Grundwasser

Im Rahmen der Erhebung der Potenziale wurde geprüft, ob das Grundwasser als Wärmequelle für Wasser-Wasser-Wärmepumpen verwendet werden könnte. Aufgrund des hohen Eisen- und Mangangehalts des Grundwassers in Mannheim ist ein Einsatz solcher Brunnen kaum möglich. Diese Anlagen würden sich aufgrund der Mineralien zusetzen (Brunnenverockerung), sodass der Wärmeübergang eingeschränkt wird oder weitere kostspielige Maß-

nahmen erforderlich sind, um diesen Prozess zu verhindern. (vgl. MVV Energiedienstleistungen GmbH REGIO-PLAN 2012: 27)

### Abwasser

Die HFT nahm im Rahmen des Forschungsprojekts Kontakt mit der Stadtentwässerung Mannheim auf, um die Nutzung der Abwärme des Abwassers zu prüfen. Die Stadtentwässerung Mannheim hatte bereits im Vorfeld im Bereich von Spinelli untersucht, ob sich die Kanäle in der Umgebung für den Einbau von Wärmetauschern eignen. Im Ergebnis zeigte sich, dass die vorhandenen Abwasserkanäle einen zu geringen Schmutzwasserabfluss für die Wärmerückgewinnung aufweisen und daher als Wärmequelle ausscheiden.

### Abwärme

Im Umfeld der Spinelli Barracks befinden sich neben Wohnbebauungen und Freiflächen auch sonstige Nutzungen wie Gewerbe, Industrie und Einzelhandel. Wie in Kap. 3.6.5 erläutert, ist es effizient und sinnvoll, Abwärme aus industriellen oder gewerblichen Prozessen für die Energieversorgung zu verwenden. In der umgebenden Bebauung wurde daher im Rahmen der Potenzialanalyse eine systematische Ortsbegehung durchgeführt. Die Umgebung wurde nach den vorherrschenden Nutzungen in verschiedene Flächen eingeteilt (GG Gewerbegebiet, WG Wohngebiet, AF Agrarfläche).

Abb. 76: Darstellung und Kategorisierung der Teilgebiete



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Google Maps

In einiger Entfernung ließen sich größere Unternehmen sowie ein Discounter finden, deren Abwärme genutzt werden könnte. Im Zuge der Begehung wurden bei Betriebsgebäuden Rückkühlaggregate kartiert, die vom öffentlichen Straßenraum aus zu erkennen waren und augenscheinlich ein Abwärmepotenzial aufweisen. Es wurde davon ausgegangen, dass diese Rückkühlanlagen für die Konditionierung von Büroflächen, Kühltheken, Servern sowie für Produktionsprozesse verwendet werden. Ergänzend dazu wurde mit Hilfe von Luftbildern (Google Maps) erhoben, bei welchen Betrieben sich auf den Dächern große Rückkühlanlagen befinden. Eine überschlä-

gige Schätzung aller erfassten Anlagen ergab, dass in der Umgebung von Spinelli eine Rückkühlleistung von etwa 22 MW vorhanden wäre. In Frage kommen aber nicht nur die Abwärmequellen in der Umgebung, sondern vielmehr auch Nutzungen in der Neubebauung, die nutzbare Abwärme produzieren (z.B. Supermarkt).

### Biomasse

Grundsätzlich könnte für die Wärmeversorgung auch Biomasse in Frage kommen. Da es Überlegungen gab, im südlichen Bereich am Wingertsbuckel einen neuen Grünen Betriebshof der Stadt zu errichten, könnte durch die Verwendung von Biomasse von städtischen Flächen (z.B. Grünschnitt) ein lokaler Bezug hergestellt werden. Ebenfalls könnte Grünschnitt aus dem Klimapark auf Spinelli für die Energiegewinnung genutzt werden. Überschlägige Berechnungen zeigten, dass der zu erwartende Grünschnitt aber bei weitem nicht ausreicht, um einen relevanten Teil des Energiebedarfs zu decken. Da die Frischluftschneise im Bereich von Spinelli auf keinen Fall durch Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse belastet werden soll, wurde dieses Potenzial als wenig zielführend eingestuft.

### Fernwärme

Die Liegenschaften der Spinelli Barracks waren während der militärischen Nutzung an das Mannheimer Fernwärmenetz angeschlossen. In der Umgebung und auf den Flächen liegen somit an verschiedenen Stellen Fernwärmeleitungen, die für die Versorgung der Neubauten genutzt werden können. Das Mannheimer Fernwärmenetz wird größtenteils aus dem mit Steinkohle betriebenen Großkraftwerk Mannheim GKM gespeist (KWK-Anlage) und soll künftig um Wärme aus einer Abfallverbrennungsanlage ergänzt werden. Die Fernwärme erreicht einen geringen Primärenergiefaktor von 0,42 und versorgt mehr als 60 % aller Haushalte in Mannheim. Die Kosten für Fernwärme setzen sich aus dem Verbrauchspreis, dem Jahresservicepreis und dem Verrechnungspreis zusammen. Zum Zeitpunkt der Bearbeitung des Forschungsprojekts 2019 betrug der Arbeitspreis 4,93 ct/ kWh.

### Fazit aus der Potenzialanalyse

Intelligente, nachhaltige Energieversorgungssysteme zeichnen sich dadurch aus, dass vorhandene Potenziale genutzt und im besten Fall Synergieeffekte erzielt werden. Die Analyse des Spinelli-Areals und der Umgebung zeigte, dass die größten energetischen Potenziale in den angrenzenden, langfristig nicht für die Bebauung vorgesehenen Freiflächen (Klimapark, angrenzende Landwirtschaftsflächen) liegen, denen Erdwärme mit verschiedenen Technologien entzogen werden kann. Es bietet sich daher an, die besondere Lage der Neubaugebiete direkt an den Freiflächen für eine möglichst regenerative Energieversorgung zu nutzen. Seitens der HFT wurde daher ein Vorschlag für ein Versorgungskonzept erarbeitet, das

insbesondere Erdwärme des benachbarten Klimaparks nutzt. Interessante Potenziale liegen zudem in den zahlreichen Gewerbe-, Einzelhandels- und Bürogebäuden in der erweiterten Umgebung, deren Abwärmequellen sich vermutlich aber nur schwer erschließen lassen. Hauptprobleme dürften in der Mitwirkungsbereitschaft der Eigentümer bzw. Pächter und in den langen Leitungsverlegungen liegen. Da die direkt angrenzende Wohnbebauung überwiegend mit Fernwärme oder Gas versorgt wird, lassen sich dort kaum Synergieeffekte erzielen. Ein Anschluss an das vor Ort vorhandene Fernwärmenetz könnte für die Neubebauung auf den ersten Blick eine naheliegende und einfache Lösung sein. Auf den zweiten Blick stellte sich allerdings die Frage, ob eine Wärmeversorgung, die zum großen Teil auf der Kohleverstromung basiert, ökologisch sinnvoll ist. Die Fernwärme beruht zwar auf KWK und wird durch Abwärme aus der Müllverbrennung ergänzt. Auch der Primärenergiefaktor hat sich in den letzten Jahren auf respektable 0,42 verbessert (zu dieser Problematik siehe S. 76). Allerdings dürfen die langen Transportwege der Steinkohle, die nach der Stilllegung der deutschen Zechen nur noch vom Weltmarkt bezogen wird, sowie die hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Luftverschmutzung (Feinstaub) nicht unberücksichtigt bleiben. Auch wenn wegen des Kohleausstiegs spätestens ab 2038 die Fernwärme aus anderen Quellen gespeist werden wird, wurde seitens des i\_city-Projektteams vorgeschlagen, möglichst auf Fernwärme zu verzichten, um mit der Bebauung auf Spinelli gleich einen Beitrag zur Energiewende und zum Klimaschutz zu leisten.

### 5.4.3 Versorgungsvarianten mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Im Rahmen des i\_city-Forschungsprojekts schlug die Hochschule verschiedene Varianten vor, wie die Neubebauung auf Spinelli möglichst klimafreundlich mit Energie versorgt werden könnte. Die konzeptionellen Überlegungen wurden mit den Projektpartnern diskutiert und ihre Umsetzbarkeit unter den speziellen Rahmenbedingungen auf Spinelli geprüft. Eine Herausforderung bestand darin, dass sich wegen der direkt vor Ort vorhandenen, vergleichsweise kostengünstigen Fernwärme jegliches Versorgungssystem daran messen lassen muss. Ausdrücklich wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es sich bei den nachfolgend dargestellten Konzepten um Ideen und Vorschläge der Hochschule handelt, die aber aus verschiedenen Gründen nicht in dieser Form realisiert werden konnten (zu den Gründen siehe S. 128 f.).

Da die Vorgehensweise und Überlegungen der Hochschule für vergleichbare Projekte aufschlussreich sein können und wichtige Grundlagen für die am Ende formulierten

Handlungsoptionen darstellen, werden im Folgenden die Ideen und Untersuchungsergebnisse kurz dargestellt.

## Vorgehensweise

Bei der Entwicklung eines Vorschlags für die Energieversorgung ging das Forscherteam der Hochschule schrittweise vor. Zuerst wurden grundsätzliche Überlegungen für die gesamte auf Spinelli geplante Bebauung angestellt. Da sich die Entwicklung etappenweise über viele Jahre hinziehen wird und bei den späteren Bauabschnitten viele für die Konzeptionierung eines Versorgungssystems erforderliche Rahmenbedingungen noch offen sind, wurde der Fokus auf den ersten Bauabschnitt und dort exemplarisch auf den Block 4 gerichtet, um trotz der begrenzten Forschungsressourcen fundierte Aussagen insbesondere zur wirtschaftlichen Umsetzbarkeit treffen zu können.

Die HFT entwickelte ein in hohem Maße regeneratives Energieversorgungskonzept mit einem kalten Nahwärmenetz, das die lokal vorhandenen Ressourcen nutzt (z.B. Geothermie aus dem angrenzenden Klimapark). Im Sinne einer ganzheitlichen Stadtentwicklung wurde das Thema Energie auch immer mit den Themen Soziales, Kosten, Mobilität und Baukultur verknüpft.

### Gesamtbebauung

In einem ersten Schritt wurden für die gesamte Bebauung drei Versorgungsszenarien mit den in der Potenzialanalyse identifizierten Energiequellen überschlägig berechnet. Dabei zeigte sich, dass die Nutzung der oberflächennahen Erdwärme in den großen, angrenzenden Freiflächen für die Versorgung der Neubebauung eine sinnvolle und effiziente Versorgungsvariante darstellen könnte. Um dieses regenerative Wärmepotenzial nutzen zu können, wird die Errichtung eines kalten Nahwärmenetzes erforderlich. Da sich Wärmenetze in der Regel nur in dicht bebauten Gebieten mit einer hohen Abnahme wirtschaftlich realisieren lassen (siehe S. 73 f.), kommt ein solches Versorgungssystem eher nicht für die geplanten Einfamilienhäuser auf Spinelli in Frage. Die Bebauung des ersten Bauabschnitts mit der hohen Dichte und der kompakten Struktur würde sich hingegen hervorragend für eine netzgebundene Wärmeversorgung eignen.

### Unterschiedliche Versorgungssysteme für die verschiedenen Bebauungsbereiche

Die stark variierenden Bebauungsdichten (vom freistehenden Einfamilienhaus bis zum Hochhaus), die abschnittsweise Realisierung über mehrere Jahre sowie die angestrebte Akteurs- und Projektvielfalt auf Spinelli stellen besondere Anforderungen an den Aufbau einer quartiersbezogenen Energieversorgung, die möglichst wenig Treibhausgasemissionen verursacht und dabei



wirtschaftlich umsetzbar ist. Die HFT unterteilte daher bei ihrem Konzeptvorschlag die Gesamtbebauung in verschiedene Bereiche und sah dafür unterschiedliche Versorgungssysteme vor.

Abb. 77: verschiedene Versorgungssysteme in der Gesamtbebauung



Quelle: eigene Darstellung

Auf Grund der vielfältigen Vorteile (siehe S. 73) lag der Fokus auf einem netzgebundenen Versorgungssystem, durch das die Erdwärmepotenziale des nebenliegenden Klimaparks nutzbar gemacht werden können. Da Wärmenetze aber nur in Bereichen mit einer hohen Abnahme wirtschaftlich umsetzbar sind, kommen die gering verdichteten Bereiche mit Einfamilienhäusern dafür eher nicht in Frage. Dahingegen würde sich der erste Bauabschnitt auf Grund seiner hohen Bebauungsdichte und kompakten Grundstruktur in besonderer Weise für eine quartiersbezogene Versorgung eignen. Das von der HFT erarbeitete Konzept sah daher vor, den ersten Bauabschnitt mit einem kalten Nahwärmenetz, das sich primär mit Erdwärme aus dem angrenzenden Klimapark speist, mit Wärme zu versorgen. Dadurch könnten Synergieeffekte zwischen Bebauung und Freiflächen erzielt und die Flächen des Klimaparks gleichzeitig mehrfach genutzt werden: für Freizeit und Erholung der Bewohner, für Kaltluftentstehung und -transport, als Lebensraum von Pflanzen und Tieren, für die Wärmeversorgung der benachbarten Bebauung. Grundsätzlich wäre es auch eine Option gewesen, die dichteren Bereiche der späteren Bauabschnitte mit einem aus dem Klimapark gespeisten Kaltwärmenetz zu versorgen. Dieser Ansatz wurde aber nicht vorgeschlagen, weil dies erforderlich gemacht hätte, entweder viele Jahre im Voraus die technischen Anlagen in den Freiflächen

einzubauen und zu finanzieren oder die neu angelegten Flächen des Klimaparks wieder aufzugraben. Für die späteren Bauabschnitte hielt es daher die HFT in ihrem vorgeschlagenen Versorgungskonzept für zweckmäßig, auf andere effiziente Wärmeversorgungssysteme zurückzugreifen. Beispielsweise hätte es sich anbieten können, die Geschosswohnungsbauten entlang der Parkschaale im Westen an den Rücklauf der bestehenden Fernwärme anzuschließen. Mit einer einzelnen Leitungstrasse hätten in dem Bereich sämtliche Gebäude angebunden werden können. Für eine fernwärmeunabhängige Versorgung wäre auch die Errichtung von Blockheizkraftwerken in Frage gekommen, die vorzugsweise mit Biomasse betrieben werden. Solche Versorgungsvarianten wären auch in den Bereichen denkbar, die östlich des ersten Bauabschnitts liegen.

In den gering verdichteten Gebieten mit Eigenheimen kommt eine gebäudeindividuelle Versorgung z.B. mit Luft-Wärmepumpen oder mit Sole-/Wasser-Wärmepumpen mit einem blockbezogenen geothermischen Versorgungssystem in Frage, das sich aus Erdwärme speist. Dafür könnte in den für den Entwurf prägenden Freiflächen (Anger) in der Blockmitte gemeinsame Erdwärmekörbe eingebaut werden, die die Wärmepumpen in den einzelnen Gebäuden versorgen. Da es sich bei Einfamilienhäusern wegen ihrer Bauform und ihres großen Flächenbedarfs per se um keine klimaschonenden Bauformen handelt, sah das Konzept vor, bei diesen Gebäuden im Gegensatz zu den anderen Gebäuden einen erhöhten Energiestandard und/ oder Holzbauweise vorzuschreiben.

## 1. Bauabschnitt mit Fokussierung auf Block 4

Da der erste Bauabschnitt zeitnah zur Realisierung ansteht und dort die Stadt die Umsetzung von modellhaften Konzepten anstrebt, wurde der Fokus im Forschungsprojekt darauf gerichtet. In einer vertiefenden Betrachtung wurde ein Versorgungskonzept mit einem kalten Nahwärmenetz erarbeitet, das in Varianten um verschiedene Komponenten ergänzt wurde. Gespeist wird das Netz vor allem mit oberflächennaher Erdwärme aus der angrenzenden Freifläche. Dadurch hätten die vorhandenen Potenziale optimal genutzt und die neuen Baugebiete effizient mit Energie aus der Umgebung versorgt werden können. In einem weiteren Schritt wurde für einen typischen Baublock untersucht, mit welchen Kosten die Versorgungsvarianten verbunden sind und wie sich die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu einem Anschluss an die Fernwärme (Rücklauf) darstellt (siehe S. 127). Im Folgenden werden zunächst die technischen Rahmenbedingungen sowie die Vor- und Nachteile der Konzeptvarianten gegenüber einer klassischen Anbindung an die Fernwärme erläutert.

### Errichtung eines kalten Nahwärmenetzes

Wie bereits auf S. 72 erläutert besteht die Besonderheit von kalten Nahwärmenetzen darin, dass sie auf einem sehr niedrigen Temperaturniveau betrieben werden und die erforderliche Wärme erst in den Gebäuden mit Hilfe von Wärmepumpen erzeugt wird. Der Vorschlag der HFT sah vor, die weitläufigen Freiflächen des angrenzenden Klimaparks für den Einbau von Flächenkollektoren zu nutzen, um dem Boden Wärme für die Beheizung zu entziehen. Im Sommer hätte das kalte Nahwärmenetz zudem die Möglichkeit geboten, die Gebäude effizient und ressourcenschonend zu kühlen. Die Leitungen führen dann die Wärme aus den Innenräumen in das Kollektorfeld im Klimapark.

Gegenüber der Fernwärme hätte ein kaltes Nahwärmenetz zahlreiche Vorteile aufgewiesen:

- geringe Treibhausgasemissionen
- hoher Anteil an regenerativer Energie bei der Wärmebereitstellung
- geringe Wärmeverluste durch niedrige Temperaturen: Verwendung ungedämmter, kostengünstiger Rohre möglich
- Energiekosten langfristig planbar > keine Abhängigkeit von Energielieferanten bzw. Energiemarkt
- keine Kostensteigerungen infolge Einführung einer CO<sub>2</sub>-Steuer
- Kühlung der Gebäude im Sommer möglich
- optimale Nutzung der Freiflächen bzw. Ressourcen vor Ort
- einfache Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben der EnEV und des EEWärmeG für die Bauherren
- Kundenbindung für Energieversorger in Kombination mit Mieterstrom
- Vorgriff auf den Kohleausstieg im Jahr 2038
- hoher Innovationsgrad > Imagegewinn für Akteure, Vorbildfunktion, Beitrag zum Modellquartier
- neue Geschäftsmodelle für den Energieversorger

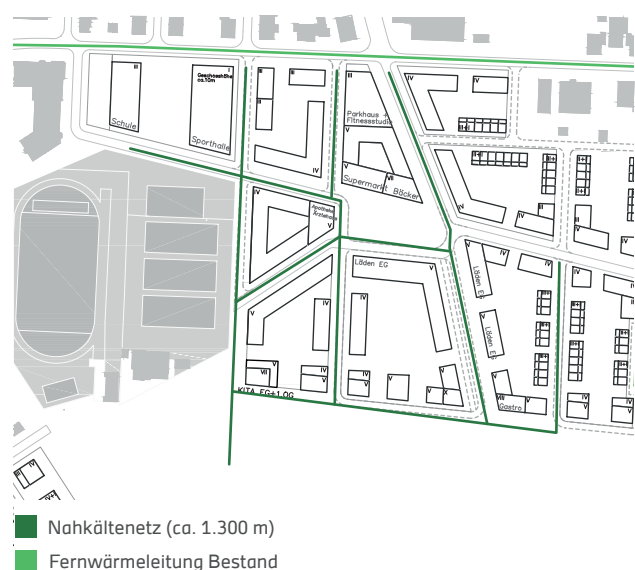
Neben der oberflächennahen Geothermie wären im Bereich von Spinelli weitere Wärmequellen in Frage gekommen, um in das kalte Nahwärmenetz einzuspeisen: Abwärme von Nutzungen in und um das Quartier (v.a. Supermarkt), Abwasserwärme, solarthermische Anlagen. Beispielsweise wären der geplante neue Supermarkt im Quartier oder der bestehende Discounter im Bereich Im Rott dafür in Frage gekommen. Optional wäre es auch denkbar gewesen, durch den Einbau von Wickelrohren (siehe S. 65) die Wärme des Abwassers und des um den Kanal liegenden Erdreichs zu nutzen. Die technischen Anlagen für die Energieversorgung hätten in den Kellern der Gebäude untergebracht werden müssen. Alternativ wären auch kleine Bauwerke im Freiraum (z.B. in den Innenhöfen) denkbar gewesen. Auf diese Weise wäre es möglich gewesen, das Thema Energie sichtbarer zu machen und beispielsweise durch eine besondere Ge-

staltung oder eine Kombination mit anderen Nutzungen zu inszenieren.

### Netzstruktur: gebäude- oder blockweise Anbindung

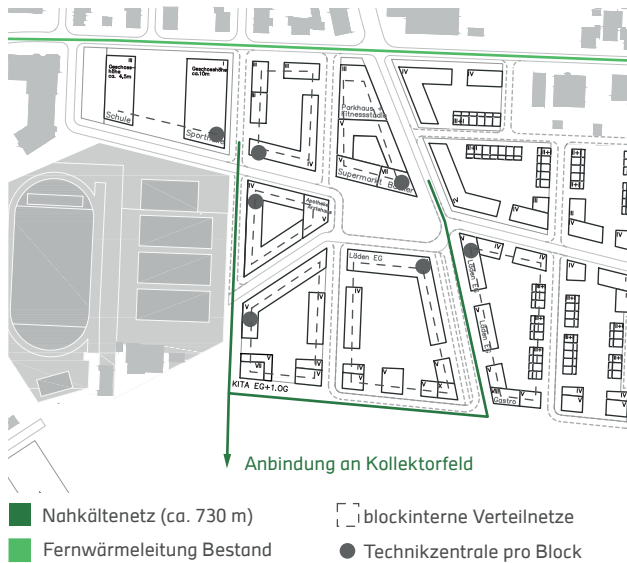
Für die Versorgung des ersten Bauabschnitts wurde eine mögliche Trassenführung des Leitungsnetzes entworfen. Dabei zeigte sich, dass es nicht zwingend erforderlich ist, in jeder Straße eine Leitung zu verlegen, wenn die Gebäude blockweise angebinden und versorgt werden würden. Wenn die Wärmeversorgung pro Baublock organisiert werden würde, wäre ein etwa 40 % kürzeres Leitungsnetz ausreichend (siehe Abb. 79). Welcher technische, organisatorische und vertragliche Aufwand dadurch entsteht, hängt stark davon ab, wie kleinteilig die Bebauung entwickelt werden soll. Die geplanten Gebäude in einem Baublock können entweder von einem einzigen Investor errichtet werden; genauso ist es aber auch möglich, die derzeit im Entwurf enthaltenen langen Gebäudestrukturen in mehrere Vorhaben aufzuteilen. In diesem Falle könnten die Gebäude bei der blockweisen Anbindung nicht mit einem eigenen Hausanschluss an das Wärmenetz anschließen, sondern würden auf der Ebene des Blocks in einem Verbund versorgt. Je nach Organisationsmodell müssten die Bauträger des Blocks selber aktiv werden und für den Aufbau der Wärmeversorgung kooperieren. Denkbar ist aber auch, dass ein Contractor die Erstellung und den Betrieb der internen Verteilnetze übernimmt. In jedem Baublock müsste eine Technikzentrale entstehen, von der aus über ein blockinternes Leitungsnetz die Wärme verteilt wird. Der Verzug der Leitungen müsste in den Tiefgaragen oder – falls nicht vorhanden – um Erdreich erfolgen. In den einzelnen Gebäuden wären nur noch kleine Technikräume für die gebäudeinterne Verteilung nötig.

Abb. 78: Schema Netzstruktur bei Gebäudeanschluss



Quelle: eigene Darstellung

Abb. 79: Schema Netzanschluss bei blockinterner Verteilung



Quelle: eigene Darstellung

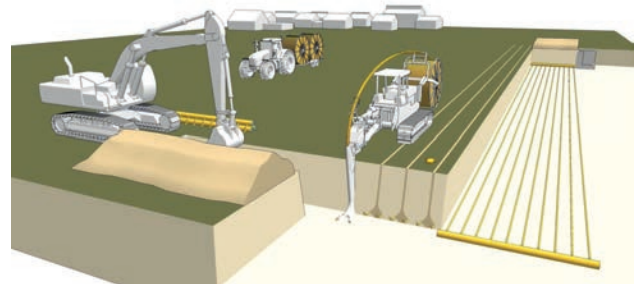
### Flächenkollektoren

Da der Klimapark langfristig frei von Strömungshindernissen gehalten wird und somit unbepflanzt bleibt, sind die großen Freiflächen hervorragend für den Einbau von Erdkollektoren geeignet. Die Flachkollektoren haben je nach Beschaffenheit des Bodens eine Entzugsleistung von 10-40 W/ m<sup>2</sup>. Eine überschlägige Schätzung ergab, dass unter der Annahme von 2.000 Vollbenutzungsstunden und einer Entzugsleistung von 30 W/ m<sup>2</sup> eine Kollektorfläche von etwa 19,2 ha erforderlich wäre, um den Wärmebedarf der gesamten Neubebauung wirtschaftlich zu decken. Auf Spinelli wäre einige Zeit vor der BUGA der Einbau der technischen Anlagen in den Klimapark erforderlich gewesen, damit sich bis zum Ausstellungsbeginn die gewünschte Vegetation entwickeln kann. Für den Einbau der Kollektoren hätte auf eine Technik zurückgegriffen werden können, die bei der Gewinnung von oberflächennaher Erdwärme auf großen Agrarflächen zum Einsatz kommt (sog. Agrothermie). Statt aufwändiger Grabungsarbeiten wie bei anderen Systemen werden bei diesem Verfahren die Kollektorleitungen in einer vergleichsweise einfachen Montagetechnik mit einem Spezialpflug in ca. zwei Metern Tiefe mit einem Abstand von einem Meter in den Boden eingebracht. Da es sich bei den Kasernen nicht um landwirtschaftliche Flächen handelt, in die üblicherweise Agrothermiekollektoren eingepflügt werden, sondern um ehemals militärische Flächen mit Gebäuden und Versiegelungen, hätte die Eignung des Bodens weiter geprüft werden müssen. Folgende Anforderungen hätte der Boden auf Spinelli für den Einbau von Agrothermiekollektoren erfüllen müssen:

- frei von technischen Einbauten, Felsen, Fundamenten bis in eine Tiefe von zwei Metern
- Oberflächen frei von Versiegelungen

- keine tiefwurzelnden Bäume
- frei von Kampfmitteln (Kampfmittelfreigabe)
- langfristige Sicherung der Freiflächen (keine Bebauung, gesicherte Eigentumsverhältnisse)

Abb. 80: Prinzipdarstellung Agrothermie



Quelle: Doppelacker GmbH

Durch den Einbau der geothermischen Flächenkollektoren hätten weitreichende Synergieeffekte zwischen den Freiflächen und den Baugebieten auf Spinelli erzielt werden können. Der Klimapark hätte maßgeblich zur Versorgung der neuen Baugebiete beitragen können. Die Freiflächen hätten oberirdisch die Entstehung und den Transport von Kaltluft ermöglicht, und gleichzeitig unterirdisch Umweltwärme geliefert, um damit die Wärmepumpen für die Beheizung der benachbarten Gebäude zu betreiben. Das Nahwärmenetz und die Kollektorfläche hätten zudem im Sommer zur Kühlung der Gebäude genutzt werden können.

### Versorgungsvarianten

Für die Energieversorgung des vertieft untersuchten Baublocks 4 wurden im Forschungsprojekt die folgenden Versorgungsvarianten entwickelt und hinsichtlich der wirtschaftlichen Realisierbarkeit betrachtet:

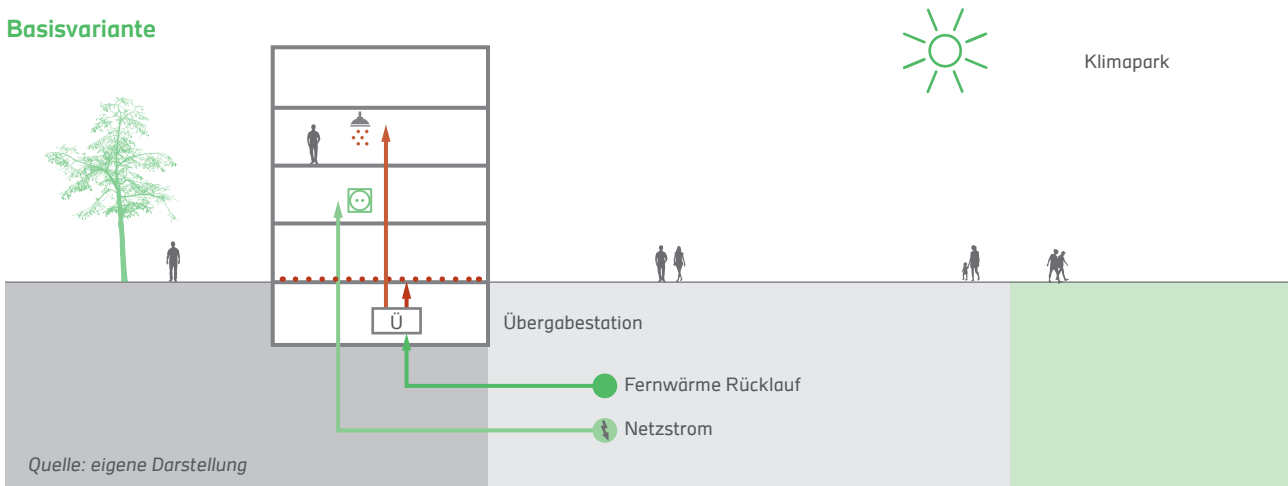
- Basisvariante: Anbindung an den Rücklauf der Fernwärme
- Variante 1: Kaltwärmenetz mit Netzstrom
- Variante 2: Kaltwärmenetz mit PV-Strom für Wärmepumpenbetrieb und Mieterstrom
- Variante 3: Kaltwärmenetz mit PV-Strom und BHKW für Wärmepumpenbetrieb und Mieterstrom

Abb. 81: Versorgungsvarianten



Quelle: eigene Darstellung

## Basisvariante



### Basisvariante: Anbindung an den Rücklauf der vorhandenen Fernwärme

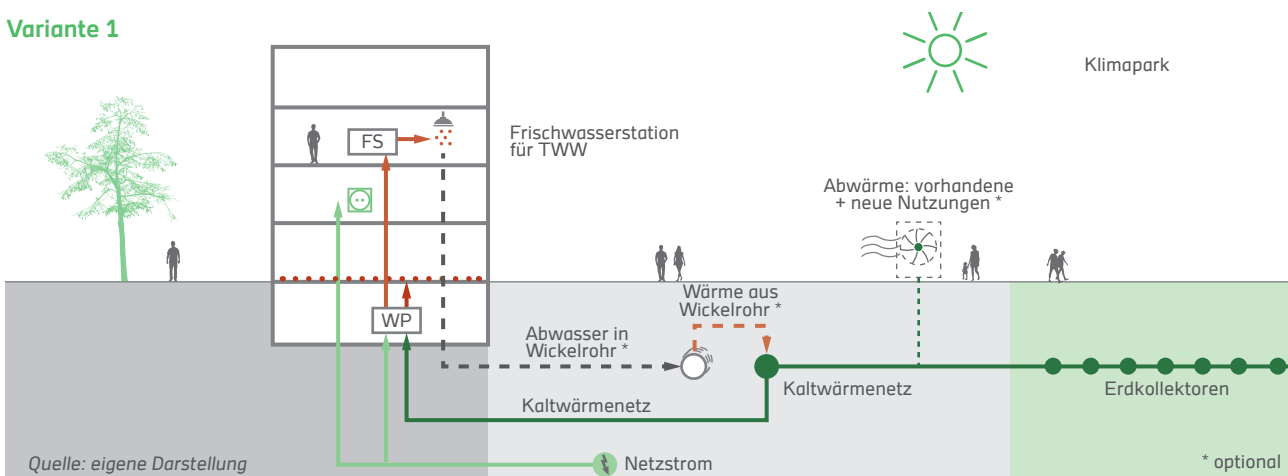
In der Basisvariante werden die Neubauten an den Rücklauf der im Umfeld vorhandenen Fernwärme angeschlossen. Die Temperatur im Rücklauf der Fernwärme beträgt ca. 75 °C und reicht somit aus, um Flächenheizungen in den Neubaugebäuden zu bedienen und das Trinkwasser auf die erforderliche Temperatur zu erwärmen. Diese Variante diente als Basisvariante, an der sich die Versorgungskonzepte mit dem kalten Nahwärmenetz messen müssen. Der Vorteil dieser Variante liegt darin, dass der Rücklauf weiter abgekühlt, was zu einem höheren Nutzungsgrad des Kraftwerks führt. Beim Energieverbrauch oder CO<sub>2</sub>-Ausstoß bietet die Variante allerdings jedoch keine Vorteile. Denn auch die Energie, die dem Rücklauf entnommen wurde, muss im Kraftwerk wieder dem Fernwärmenetz zugeführt werden.

Für die Versorgung mit Strom wird bei der Basisvariante kein spezielles Konzept verfolgt. Wünschenswert wäre es, wenn die Gebäudeeigentümer möglichst viele Dachflächen für die Errichtung von PV-Anlagen nutzen oder externen Erzeugern zur Verfügung zu stellen, um ein Höchstmaß an regenerativem Sonnenstrom im Quartier zu erzeugen.

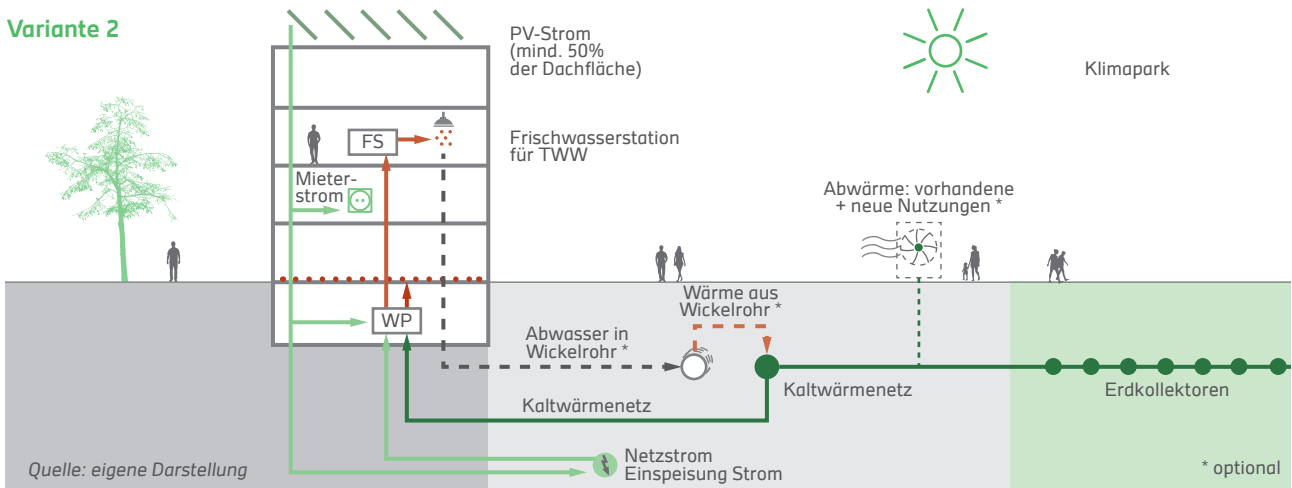
### Variante 1: kaltes Nahwärmenetz mit Netzstrom für die Wärmepumpen

Variante 1 sah vor, dass ein geothermisches Kollektorfeld im Klimapark sowie ein kaltes Nahwärmenetz errichtet werden, die die Wärmepumpen in der Bebauung mit Wärme versorgen. Im Klimapark wäre für die Versorgung des gesamten ersten Bauabschnitts eine Fläche von etwa neun Hektar für das Kollektorfeld erforderlich. Der für den Betrieb der Wärmepumpen benötigte Strom wird bei dieser Variante gänzlich aus dem allgemeinen Netz bezogen. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde dafür der spezielle Wärmepumpentarif der MVV angesetzt. Um die Wärmepumpen klimafreundlicher zu betreiben, wäre auch die Nutzung von Ökostrom möglich. Optional könnte auch Abwärme aus vorhandenen oder neuen Nutzungen oder Wärme aus dem Abwasser in das kalte Nahwärmenetz einspeist werden. Auf den privaten Dachflächen können PV-Anlagen erstellt werden – der erzeugte Strom fließt allerdings nicht in das quartiersbezogene Versorgungskonzept ein. Wegen der niedrigen Heizungstemperaturen sind für die Bereitung des Trinkwarmwassers Frischwasserstationen in den Wohnungen erforderlich, die von den Bauherren geplant und errichtet werden müssen.

## Variante 1



Variante 2



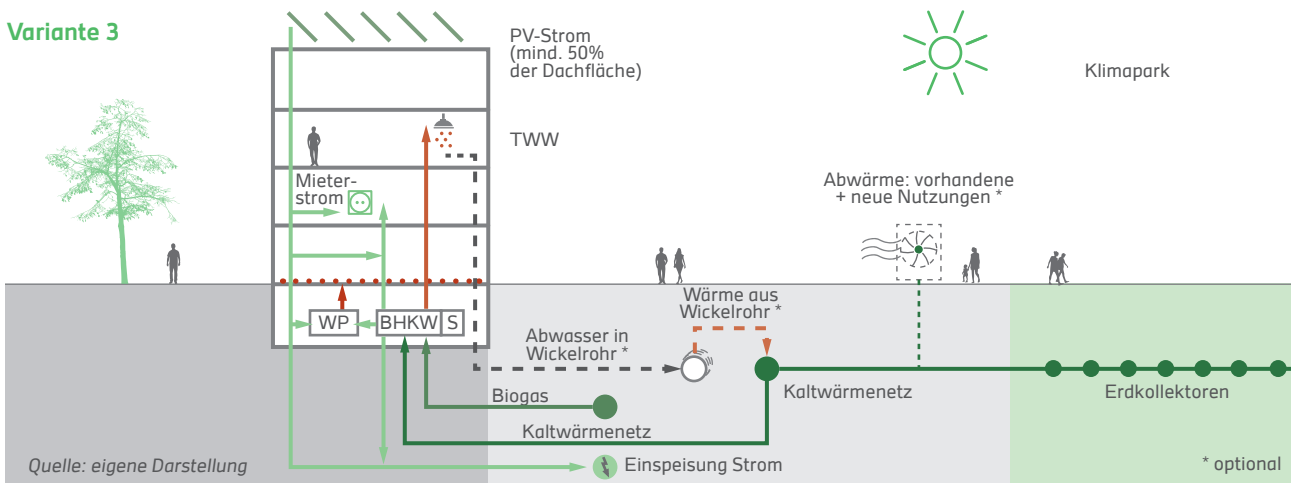
**Variante 2: kaltes Nahwärmenetz mit PV-Strom für die Wärmepumpen und Mieterstrom**

Wie in Variante 1 wird ein kaltes Nahwärmenetz sowie ein ca. neun Hektar großes Flachkollektorfeld für die Gewinnung von Erdwärme errichtet. Sämtliche Dachflächen werden dem Betreiber des quartiersbezogenen Energieversorgungsystems zur Verfügung gestellt, der darauf ein Höchstmaß an PV-Anlagen errichtet. Der vor Ort erzeugte PV-Strom wird für den Betrieb der Wärmepumpen genutzt und überschüssiger Strom entweder als Mieterstrom direkt an die Bewohner veräußert oder gegen Vergütung ins Stromnetz eingespeist. Der Energieversorger zahlt den Gebäudeeigentümern eine Miete für die Nutzung der Dachflächen. Berechnungen für Block 4 ergaben, dass 37 % des Strombedarfs der Wärmepumpen und 29 % des Strombedarfs der Haushalte und sonstigen Nutzer über den PV-Strom gedeckt werden können. 74 % des erzeugten PV-Stroms werden so direkt im Gebäudeblock verbraucht und nur 26 % ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Für die Bereitstellung des Trinkwarmwassers sind Frischwasserstationen in den Gebäuden erforderlich, die von den Bauherren zu errichten sind. Die Kombination von Wärmepumpen und PV führt durch die Reduzierung von Netzstrom zu einer deutlichen Verringerung der Umweltauswirkungen der Wärmepumpenversorgung.

**Variante 3: kaltes Nahwärmenetz mit PV-Strom und BHKW für die Wärmepumpen und Mieterstrom**

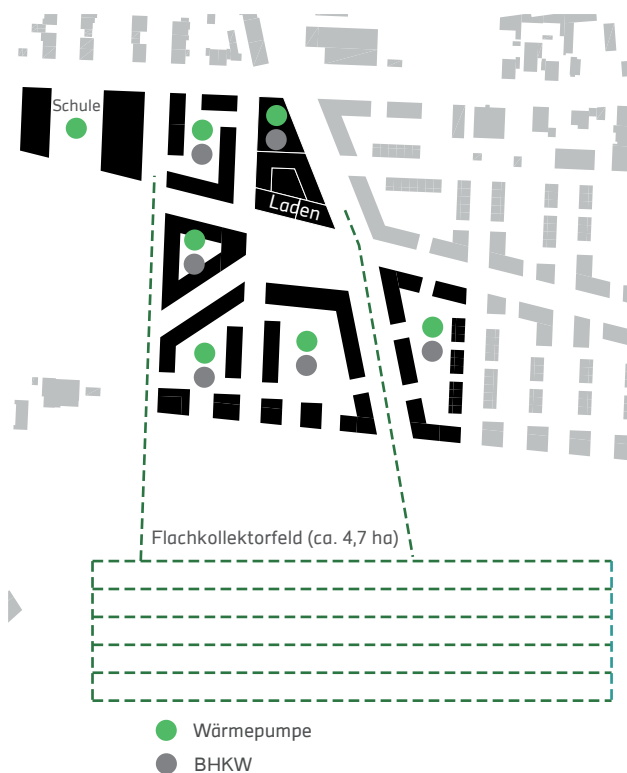
Diese Variante umfasst ein kaltes Nahwärmenetz, das aus einem im Klimapark installierten Kollektorfeld mit oberflächennaher Geothermie gespeist wird, sowie ein Höchstmaß an PV-Anlagen auf den Hausdächern, um die Wärmepumpen mit regenerativem Strom zu versorgen. Die Wärmepumpen werden zusätzlich von wärmegeführten Blockheizkraftwerken unterstützt, die sowohl Wärme als auch Strom produzieren. Um das Ziel einer möglichst regenerativen Energieerzeugung auf Spinelli zu erreichen, wird für den Betrieb der BHKW Biogas verwendet – entsprechend höhere Beschaffungskosten wurden bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen berücksichtigt. Durch die höheren Temperaturen des BHKW kann das Trinkwarmwasser bei dieser Variante zentral bereitgestellt werden. In den einzelnen Wohnungen sind daher im Gegensatz zu den Varianten 1 und 2 keine wohnungsbezogenen Frischwasserstationen erforderlich. Die BHKW liefern zudem Strom für den Betrieb der Wärmepumpen. Wie bei den PV-Anlagen wird der überschüssige Strom entweder als Mieterstrom veräußert oder ins allgemeine Stromnetz eingespeist. Um Spitzenlasten beim Wärmebedarf abzudecken und die BHKW mit einer möglichst hohen Auslastung zu dimensionieren, werden zudem Spitzenlastkessel vorgesehen. Mit diesem Versorgungs-

Variante 3



system kann der Trinkwarmwasser- und Heizungsbedarf zu großen Teilen mit vor Ort erzeugter Energie gedeckt werden. Im genauer untersuchten Block 4 können unter den getroffenen Annahmen die PV-Anlage und das BHKW über 80 % des Strombedarfs der Wärmepumpe und 52 % des Strombedarfs der Nutzer abdecken. 69 % des PV-Stroms und 74 % des BHKW-Stroms werden vor Ort verbraucht (Eigenverbrauchsquote gesamt: 71 %). Im Gegensatz zu den Varianten 1 und 2 kann durch die Integration der BHKW die Fläche für den Einbau von Flächenkollektoren im Klimapark auf etwa 4,7 ha reduziert werden. Mit dieser Versorgungsvariante kann eine günstige CO<sub>2</sub>-Bilanz und ein hoher Eigenverbrauch beim Strom erreicht werden.

Abb. 82: Energiekonzept von Variante 3: Prinzipdarstellung



Quelle: eigene Darstellung

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Nach der Erarbeitung der Versorgungsvarianten wurde deren wirtschaftliche Realisierbarkeit untersucht. Die Berechnungen führte die Hochschule im Zeitraum von November 2018 bis Februar 2019 durch. Bis zur Fertigstellung der vorliegenden Publikation (2020) traten Veränderungen ein (z.B. Preiserhöhungen der Fernwärme, Beschluss über CO<sub>2</sub>-Steuer), die sich auf die Ergebnisse auswirken. Die Berechnungen konnten nicht mehr im Gesamten überarbeitet werden; die Auswirkungen wurden teilweise überschlägig abgeschätzt.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgte nicht für den gesamten ersten Bauabschnitt, sondern für den beispielhaft vertieften Baublock 4. Grund dafür war unter anderem, dass es zum Zeitpunkt der Berechnungen bei einigen für die Energiebedarfe und somit für die Wirtschaftlichkeit wichtigen Fragen noch Unsicherheiten gab. Beispielsweise war nicht klar, ob auf einem oder mehreren Baufeldern Parkhäuser entstehen, sodass in erheblichem Maße beheizte Nutzfläche wegfallen würde. Ende 2018/ Anfang 2019 stellte die HFT ihren Vorschlag für eine möglichst klimaschonende Energieversorgung der neuen Baugebiete auf Spinelli den Projektverantwortlichen vor Ort vor. Der Vorschlag, die großen Freiflächen des Klimaparks zur Gewinnung von oberflächennaher Geothermie zu nutzen und die Wärme über ein quartiersbezogenes Nahwärmenetz zu verteilen, wurde grundsätzlich positiv bewertet. Allerdings gab es verschiedene Bedenken, die schließlich dazu führten, einem konventionellen Versorgungssystem den Vorzug zu geben (Anbindung an die Fernwärme mit teilweiser Nutzung des Rücklaufs). Ein wesentliches Hemmnis bestand darin, dass die Bebauung auf Spinelli unter einem großen Zeitdruck steht, da bis zur Bundesgartenschau im Jahr 2023 große Teile des ersten Bauabschnitts sowie die gesamten Freianlagen fertiggestellt sein müssen. Angesichts des Zeitmangels und der ohnehin hohen Komplexität des Gesamtprojekts wurde das quartiersbezogene Versorgungskonzept mit dem kalten Nahwärmenetz von den verantwortlichen Akteuren in der Gesamtabwägung der Vor- und Nachteile als zu großes Risiko für die rechtzeitige Fertigstellung der verschiedenen Maßnahmen eingestuft.

Im Folgenden werden die Vorgehensweise sowie die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der verschiedenen Varianten kurz dargestellt.

### Annahmen und Berechnungsweise

Bei den Kalkulationen wurde angenommen, dass der gesamte Baublock 4 über einen Anschluss an das Nahwärmenetz angebunden wird und innerhalb des Blocks ein eigenes Versorgungssystem aufgebaut wird. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde die Annahme getroffen, dass der lokale Energieversorger das kalte Nahwärmenetz inklusive der Erdwärmekollektoren, die internen Verteilnetze in den Baublöcken sowie sämtliche technische Anlagen errichtet (Contracting). Für die Bauherren der Hochbauten fallen somit keine Ausgaben für die Anschaffung von Wärmeerzeugungsanlagen an. Die Investitionen des Betreibers werden über den Verkauf von Wärme und Strom sowie die Vergütungen durch die Einspeisung von Strom refinanziert werden. Für die Berechnungen wurde angenommen, dass durch einen Anschluss- und Benutzungszwang sämtliche Hochbauten an das Nahwärmenetz anschließen und Energie für Raumwärme und Trinkwarmwasser beziehen. Es wurde davon ausgegangen, dass Strom aus den PV-Anlagen und

dem BHKW, der nicht für den Betrieb der Wärmepumpen verwendet wird, zunächst zur Deckung des Strombedarfs der Haushalte (Mieterstrom) genutzt wird. Überschüssiger Strom, der weder von den Wärmepumpen noch von den Haushalten nachgefragt wird, wird gegen entsprechende Vergütung ins Netz eingespeist.

In die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde damit nicht nur die Wärme, sondern auch der gesamte Strombedarf (Betriebs- und Haushaltsstrom) einbezogen, um so die meist getrennt betrachteten Sektoren zu koppeln und die Gesamtwirtschaftlichkeit des Energieversorgungskonzepts bewerten zu können.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde auf die Kostenstruktur der Richtlinie VDI 2067 zurückgegriffen, die zwischen kapital-, bedarfs- und betriebsgebundenen und sonstigen Kosten unterscheidet. Für die Berechnungen wurde die Kapitalwertmethode angewendet. Bei diesem Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung werden sämtliche in der Zukunft anfallenden Umsätze (Ausgaben, Einnahmen) auf das Ausgangsjahr abgezinst. Wenn der auf diese Weise ermittelte Kapitalwert einen positiven Wert erreicht, dann bringt die Investition über den Betrachtungszeitraum einen Vermögenszuwachs. Beim Vergleich von Varianten ist jene Variante am vorteilhaftesten, die den höchsten Kapitalwert erreicht (vgl. Geilhausen et al. 2015: 261-266).

Neben dem Kapitalwert wurden zudem die folgenden Parameter für die Wirtschaftlichkeit berechnet:

- interner Zinsfuß: theoretische mittlere jährliche Rendite der Investition; bei vollständiger Eigenfinanzierung Verzinsung des Eigenkapitals

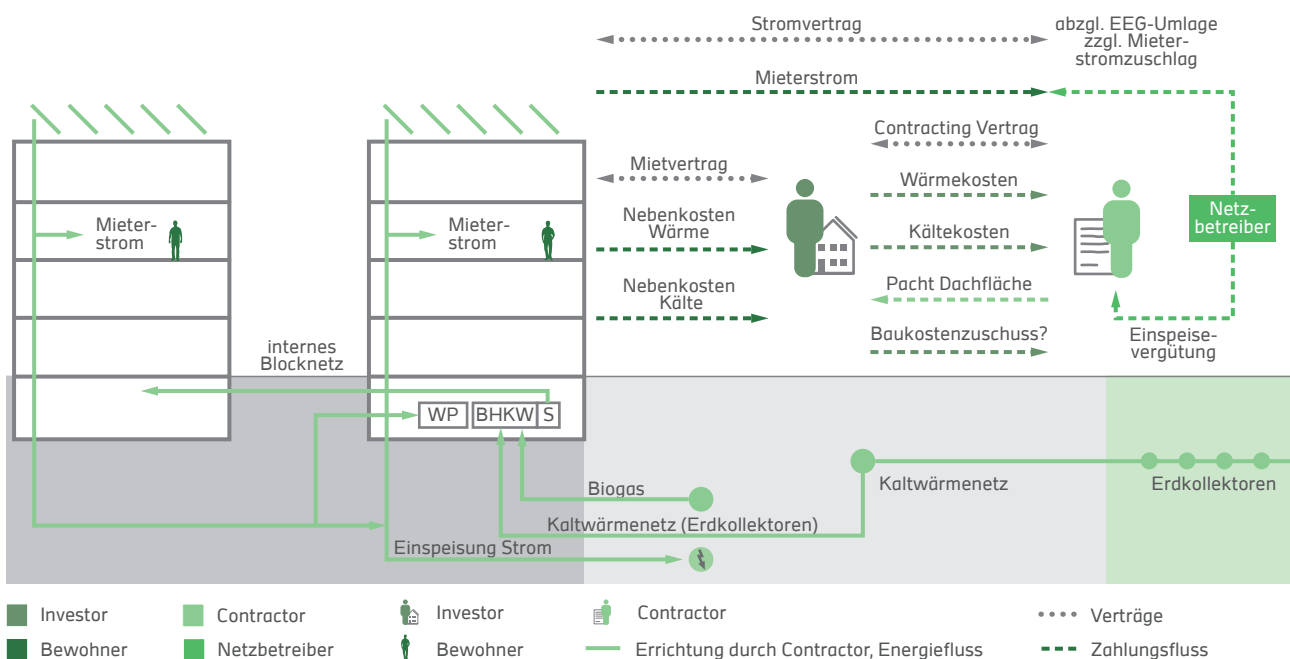
- dynamische Amortisation: Zeitpunkt, in dem die abgezinsten und kumulierten jährlichen Rückflüsse die anfänglichen Investitionen übersteigen
- Annuität: jährlicher Vermögenszuwachs, der am Jahresende aus der Investition gezogen werden kann

Wie wirtschaftlich ein Versorgungssystem ist, ergab sich aus der Gesamtschau der verschiedenen Wirtschaftlichkeitsparameter. Für die Berechnungen mussten zahlreiche weitere Annahmen getroffen werden – die wichtigsten im Überblick:

- Betrachtungszeitraum: 40 Jahre
- Kalkulationszinssatz: 3 %
- Preissteigerungen: 2 %
- Nutzungsdauer, Aufwand für Instandhaltung und Wartung gemäß VDI 2067
- 100 % Eigenkapital (keine Kreditfinanzierungskosten berücksichtigt)
- mangels genauer Informationen diverse Annahmen (z.B. Gestehungskosten des Netzstroms und der Fernwärme)

Die Kosten, die für die Errichtung der technischen Anlagen und des Wärmenetzes den Berechnungen zugrunde gelegt wurden, basieren auf Erfahrungswerte der HFT aus anderen Forschungsprojekten sowie des Projektpartners Drees & Sommer. Bei den Einnahmen wurden die aktuellen Energiepreise der MVV für Fernwärme und Strom angesetzt (Stand Januar 2019). Bei den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurden Ersatzbeschaffungen von technischen Anlagen mit einer geringeren Nutzungsdauer als 40 Jahre sowie Restlaufwerte nach den 40 Jahren berücksichtigt. In den Berechnungen wurden sämtliche

Abb. 83: Akteursbeziehungen und Organisationsmodell bei der blockweisen Anbindung von Variante 3



Quelle: eigene Darstellung

Kosten für die Erzeugung des Stroms und der Wärme sowie sonstige Ausgaben wie Abgaben (EEG-Umlage) erfasst und den Einnahmen, die sich aus dem Verkauf, der Einspeisung ins Stromnetz und sonstigen Vergütungen wie Mieterstromzuschlag erzielen lassen, gegenübergestellt. Auf Grund der Unsicherheiten, wie sich Förderkulissen weiterentwickeln, wurden Förderungen generell nicht berücksichtigt.

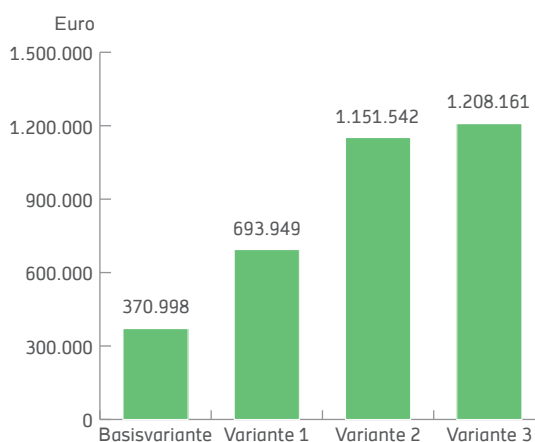
Wie bereits erwähnt war es für die Berechnungen erforderlich, einige Annahmen zu treffen, bei denen sich teilweise schon geringe Veränderungen erheblich auf die Wirtschaftlichkeit auswirken können (z.B. Margen bei Strom und Fernwärme). Entscheidende Parameter für die Wirtschaftlichkeit aus Sicht des Betreibers sind die Menge an Wärme, die veräußert werden kann, sowie der Preis, der für eine Kilowattstunde Wärme erzielt werden kann. Der Wärmepreis eines alternativen Systems auf Spinelli muss sich wegen der vorhandenen Fernwärme immer an deren Preis messen. Der Fernwärmepreis in Mannheim setzt sich aus einem Verbrauchspreis (4,93 ct/kWh, Stand 1/2019), einem Jahresservicepreis (abhängig vom eingestellten Heizwasservolumenstrom) sowie einem Verrechnungspreis (abhängig von der Zählergröße) zusammen. Für die Berechnungen wurden die verbrauchsunabhängigen Kosten auf eine Kilowattstunde umgerechnet (7,79 ct/kWh). Bei den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurden für die Nahwärmevarianten ein Wärmepreis zu Grunde gelegt, der 20 % über dem damals geltenden Fernwärmepreis lag (ca. +1,56 ct/kWh). Diese Erhöhung gegenüber dem Fernwärmepreis erfolgte aus mehreren Gründen. Zunächst wurde zum Zeitpunkt der Berechnungen davon ausgegangen, dass bis zum Bezug der Gebäude auf Spinelli angesichts der aktuellen klimapolitischen Diskussionen eine CO<sub>2</sub>-Steuer eingeführt sein wird, die auch die weitgehend auf Steinkohle beruhende Fernwärme verteuern wird. Zum Zeitpunkt der Erstellung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen gab es noch keine genaueren Informationen zur Höhe einer CO<sub>2</sub>-Steuer. Kurz vor der Fertigstellung der vorliegenden Publikation wurde im Dezember 2019 tatsächlich im Vermittlungsausschuss beschlossen, im Jahr 2021 einen CO<sub>2</sub>-Preis von zunächst 25 € je Tonne einzuführen. Danach steigt der Preis auf bis zu 55 € je Tonne im Jahr 2025 an (vgl. Website Bundesregierung). Ein höherer Wärmepreis im Vergleich zur Fernwärme wurde insbesondere auch für den Fall als vertretbar angesehen, wenn Bewohnern die Möglichkeit angeboten wird, günstigen Mieterstrom zu beziehen. Auf diese Weise könnten Haushalte die höheren Kosten für die Wärme durch geringere Kosten beim Strom kompensieren. Zudem wurde seitens der Hochschule ein etwas höherer Wärmepreis im Vergleich zur Fernwärme für akzeptabel betrachtet, wenn damit ein substantieller Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden kann. Der Preis von 9,36 ct/kWh für die Nahwärme würde auch nur geringfügig über den durchschnittlichen

Fernwärmekosten des bundesweiten Heizspiegels von 8,9 ct/kWh (2018) liegen (vgl. Website CO<sub>2</sub>online\_FW). Auf Grund der verschiedenen Pauschalierungen und Annahmen zeigen die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Hochschule nur eine Tendenz, wie sich die verschiedenen Versorgungsvarianten für einen Energieversorger wirtschaftlich darstellen könnten. Weitere Detaillierungen der Berechnungen durch die Projektverantwortlichen wären erforderlich gewesen.

### Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Kalkulation der Investitionskosten (kapitalgebundene Kosten) für Block 4 ergab, dass für die Basisvariante mit der Anbindung an den Rücklauf der Fernwärme mit Abstand die geringsten Investitionskosten anfallen würden. Bei den Varianten mit dem Nahwärmenetz sind wesentlich höhere Investitionen erforderlich, weil neben dem Leitungsnetz die Flächenkollektoren im Klimapark sowie weitere technische Anlagen wie Wärmepumpen, PV-Anlagen oder BHKW errichtet werden müssen. Die Nahwärme-Variante 3 mit den PV-Anlagen und dem BHKW weist infolge der zahlreichen erforderlichen Systemkomponenten die höchsten Investitionskosten auf.

Abb. 84: Investitionskosten der Varianten (ohne Förderungen) für Block 4

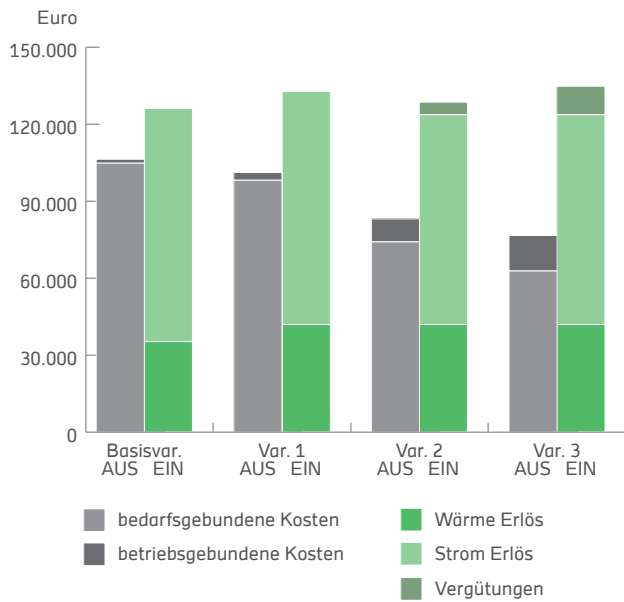


Quelle: eigene Darstellung

Bei Betrachtung der Ausgaben abseits der Investitionskosten zeigt sich, dass bei der Basisvariante für den Einkauf der Fernwärme und des Netzstroms die höchsten bedarfsgebundenen Kosten anfallen. Je mehr Strom bei einem quartiersbezogenen Energieversorgungssystem regenerativ vor Ort erzeugt und genutzt wird, umso geringer fallen die bedarfsgebundenen Kosten aus. Allerdings steigen die betriebsgebundenen Kosten an, je mehr technischen Anlagen errichtet und unterhalten werden müssen.



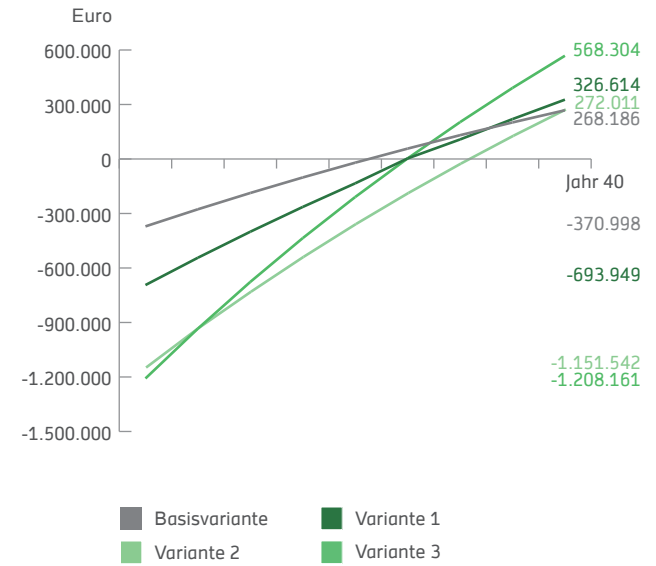
Abb. 85: jährliche Ausgaben und Einnahmen (ohne Investitionskosten + Förderungen)



Quelle: eigene Darstellung

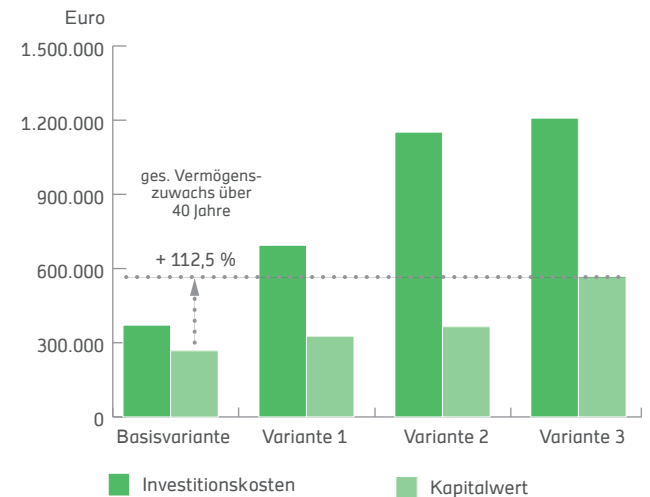
Grundsätzlich ergab sich für alle Versorgungsvarianten mit den getroffenen Annahmen ein positiver Kapitalwert und somit für den Investor ein Vermögenszuwachs über den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren. Die Fernwärme-Variante erzielt über den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren einen Kapitalwert von etwa 268.000 € – alle Varianten mit Nahwärme erzielen mit den höheren Investitionskosten auch einen höheren Kapitalwert. Mit Variante 3 lässt sich über die 40 Jahre Betrachtungszeitraum ein mehr als doppelt so hoher Kapitalwert als mit der Basisvariante erzielen (ca. 568.000 €). Die Basisvariante mit der Fernwärme amortisiert sich von allen untersuchten Varianten am schnellsten (nach 21,3 Jahren). Unter den Nahwärmevarianten hat Variante 3 mit 24,9 Jahren die kürzeste Amortisationszeit und Variante 2 mit 30,8 Jahren die längste. Im Vergleich zur Basisvariante ist die Amortisationszeit von Variante 3 nur noch um 3,6 Jahre länger. Der interne Zinsfuß, der bei vollständiger Eigenfinanzierung quasi die Verzinsung des Eigenkapitals ausdrückt, ist mit 6,3 % bei der Basisvariante am höchsten. Bei den Kaltwärme-Varianten weist Variante 3 mit 5,3 % den höchsten internen Zinsfuß auf und fällt damit nur 1 % geringer als bei der Basisvariante aus.

Abb. 86: kumulierter und diskontierter Cash-Flow der vier untersuchten Varianten



Quelle: eigene Darstellung

Abb. 87: Block 4 Investitionskosten und Kapitalwert der Varianten



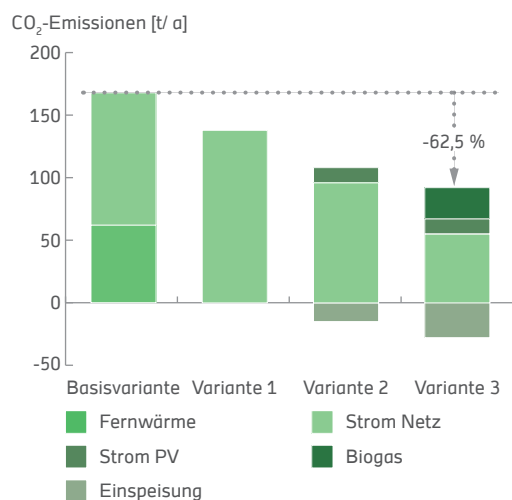
Quelle: eigene Darstellung

### Wirtschaftlichkeitsparameter im Überblick

	Basis-variante	Variante 1: Nahwärmepreis = FW + 20 %	Variante 2: Nahwärmepreis = FW + 20 %	Variante 3: Nahwärmepreis = FW + 20 %
interner Zinsfuß (IRR)	6,32 %	5,26 %	4,2 %	5,31 %
Kapitalwert	268.186 €	326.614 €	272.011 €	568.304 €
Annuität	11.602 €	14.130 €	11.768 €	24.586 €
dynamische Amortisation	21,3 Jahre	25,4 Jahre	30,8 Jahre	24,9 Jahre
Investitionskosten	370.998 €	693.949 €	1.151.542 €	1.208.161 €

Für die untersuchten Varianten wurden die CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet, die infolge der Erzeugung von Wärme und Strom für Block 4 anfallen. Für die Fernwärme wurde mangels genauerer Daten auf die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fernwärmeerzeugung (2016) für Baden-Württemberg des Länderarbeitskreises Energiebilanzen zurückgegriffen (206,5 g CO<sub>2</sub>/ kWh) (vgl. Website föderal\_erneuerbar). Da die Mannheimer Fernwärme auf KWK beruht sowie teilweise aus Abfallwärme stammt und da der Rücklauf genutzt werden soll, wurden für die Berechnung der Basisvariante die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen pauschal um ein Drittel reduziert. Unter den angenommenen Rahmenbedingungen zeigt sich, dass mit den Nahwärme-Varianten im Vergleich zur Basisvariante mit der Fernwärme erheblich CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden können. Bei Variante 3 mit den PV-Anlagen und dem biogasbetriebenen BHKW werden im Vergleich zur Basisvariante ca. 60 % weniger CO<sub>2</sub> ausgestoßen.

Abb. 88: CO<sub>2</sub>-Emissionen Block 4 im Vergleich



Quelle: eigene Darstellung

### Vergleich der Wirtschaftlichkeitsparameter Basisvariante + Variante 3

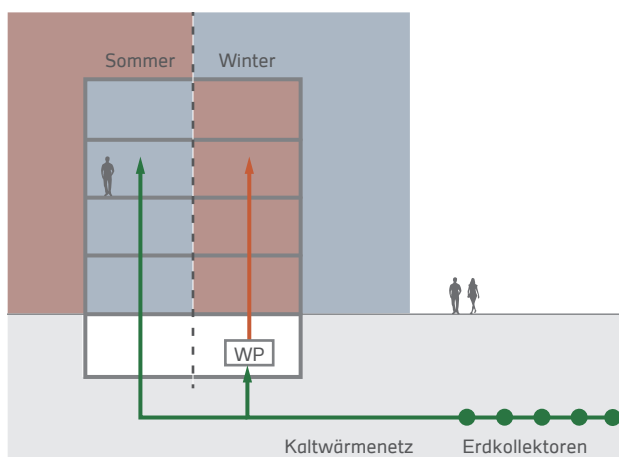
	Basis		Variante 3	
Investitionskosten	370.998 €	→ x 3,25	1.208.161 €	Höhere Anfangsinvestitionen führen zu...
Kapitalwert	268.186 €	→ x 2,12	568.304 €	... einem mehr als doppelt so großem Vermögenszuwachs nach 40 Jahren
interner Zinsfuß	6,32 %	→ - 16 %	5,31 %	... einer um 16 % geringeren theor. jährlichen Rendite
dynamische Amortisation	21,3 Jahre	→ + 16,9 %	24,9 Jahre	... einer um 3,6 Jahre längeren Amortisationszeit
CO <sub>2</sub> -Emissionen	168 t	→ - 62,5 %	63 t	... einem mehr als 62 % geringerem CO <sub>2</sub> -Ausstoß

Da das kalte Nahwärmenetz technisch die Möglichkeit bietet, im Sommer Gebäude zu kühlen, könnten aus dem Verkauf von Kälte im Sommer weitere Einnahmen generiert und damit die Wirtschaftlichkeit verbessert werden. Dafür wurden überschlägige Berechnungen durchgeführt. Da es keine Erfahrungswerte zur Nachfrage nach Kühlung in Stadtquartieren gibt, wurde davon ausgegangen, dass ca. 10 % des Heizwärmebedarfs der Gebäude im Sommer für die Kühlung nachgefragt wird. Für die Kälte wurde ein Preis von 5 ct/ kWh angenommen. Jährlich könnten damit im Block 4 Mehreinnahmen von etwa 1.350 € generiert werden. Über die 40 Jahre Laufzeit würden sich die betrachteten Wirtschaftlichkeitsparameter dadurch geringfügig verbessern.

### Wirtschaftlichkeitsparameter bei Veräußerung von Kälte im Sommer

	Basisvariante	Variante 1: Nahwärmepreis = FW + 20 %	Variante 2: Nahwärmepreis = FW + 20 %	Variante 3: Nahwärmepreis = FW + 20 %
interner Zinsfuß (IRR)	6,32 %	5,53 %	4,34 %	5,42 %
Kapitalwert	268.186 €	370.064 €	304.389 €	600.682 €
Annuität	11.602 €	16.010 €	13.169 €	25.987 €
dynamische Amortisation	21,3 Jahre	24,3 Jahre	30,1 Jahre	24,4 Jahre
Investitionskosten	370.998 €	693.949 €	1.151.542 €	1.208.161 €

Abb. 89: Nutzung des Kollektorfelds im Klimapark für Wärme im Winter und Kühlung im Sommer



Quelle: eigene Darstellung

### Zusammenfassende Bewertung

Die von der HFT erstellten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für Baublock 4 beruhten auf zahlreichen Annahmen (v.a. Gesteungskosten/ Margen, Baukosten, Teilnahmequote Mieterstrom) und hätten weiteren Prüfungen und Detaillierungen durch die Projektverantwortlichen unterzogen werden müssen. Aus verschiedenen Gründen (v.a.

Zeitmangel) konnte das von der HFT vorgeschlagene Konzept mit einem quartiersbezogenen kalten Nahwärmenetz in der ersten Phase nicht umgesetzt werden. Bei den weiteren Bauabschnitten ist es nicht ausgeschlossen, dass block- oder clusterweise innovative Energieversorgungskonzepte realisiert werden, die sich an dem Konzept der HFT orientieren und die auf Spinelli vorhandenen Geothermiepoteziale nutzen.

Unter den getroffenen Annahmen ergab die Erstein-schätzung der wirtschaftlichen Realisierbarkeit durch die Hochschule, dass alle Nahwärmevarianten einen positiven Kapitalwert erreichen und somit grundsätzlich wirtschaftlich sind, weil sie für den Investierenden einen Vermögenszuwachs bewirken. Wenn der Kapitalwert als Indikator für die Wirtschaftlichkeit betrachtet wird, stellt sich Variante 3 als Kombination aus einem Kaltwärmenetz mit PV-Anlagen und BHKW am vorteilhaftesten dar. Variante 3 weist zwar die höchsten Investitionskosten zu Beginn auf, generiert aber über die Laufzeit von 40 Jahren den höchsten Kapitalwert. Die Kombination des kalten Nahwärmenetzes mit Wärmepumpen, BHKW und PV-Anlagen ermöglicht es zudem, einen Großteil des Wärme- und Strombedarfs mit regenerativen Energien zu decken. Im Vergleich zur Basisvariante mit Fernwärme sind allerdings bei den Nahwärmevarianten die Amortisationszeiten deutlich länger und die theoretische mittlere jährliche Verzinsung (interner Zinsfuß) geringer.

Zu beachten ist, dass in den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen keine Förderungen berücksichtigt sind. Angesichts der Tatsache, dass es sich bei dem aus einem Flachkollektor gespeisten Nahwärmenetz um ein innovatives Konzept handelt, für das verschiedene Förderprogramme in Frage kommen (z.B. Wärmenetze 4.0, für KWK in Variante 3), würde die Inanspruchnahme von Fördermitteln die Wirtschaftlichkeit verbessern. Überschlägige Berechnungen ergaben, dass beispielsweise die staatlichen Förderungen für die KWK-Anlagen in Variante 3 die Amortisationszeit um etwa ein Jahr verkürzen und den Kapitalwert um etwa 40.000 € erhöhen würden. Variante 3 lässt deutlich erkennen, dass sich mit den höheren Investitionskosten zu Beginn über die Nutzungsdauer von 40 Jahren ein höherer Vermögenszuwachs (Kapitalwert) erreichen lässt als bei der Fernwärmevariante. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen verdeutlichen das Problem, dass regenerative Energieversorgungssysteme, die wegen der erforderlichen technischen Anlagen mit hohen Errichtungskosten verbunden sind, bei gleichen Wärmepreisen nicht von Anfang an zu vorhandenen, teilweise schon refinanzierten Systemen konkurrenzfähig sein können. Während für den Investor und Betreiber des Nahwärmenetzes einige Wirtschaftlichkeitsparameter (Amortisation, interner Zinsfuß) nicht so vorteilhaft sind wie bei der Fernwärme, hätten die Nahwärmevarianten wegen der geringen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus volkswirtschaftlicher und klimaökologischer Sicht viele Vorteile. Möglicherweise entstehen in den künftigen Bauabschnitten

in größerem Umfang Bauvorhaben, die nicht an die Fernwärme anschließen, sondern auf regenerative intelligente Systeme setzen und so einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Die Beschäftigung der HFT mit den Bauflächen auf den Spinelli Barracks im Rahmen von i\_city zeigte, dass es von größter Bedeutung ist, sich wegen der langen Planungs- und Entscheidungsprozesse sehr frühzeitig und systemoffen mit der Energieversorgung von Neubaugebieten zu befassen. Insbesondere wenn ein quartiersbezogenes, regeneratives Versorgungssystem umgesetzt werden soll, sind im Vorfeld umfangreiche Planungen erforderlich und viele Fragen zu klären. Hierfür sollte ausreichend Zeit eingeplant werden.

Dadurch, dass in Mannheim die Stadt bzw. die MWSP die Grundstücke auf Spinelli bereits besitzen oder erwerben, bietet sich die Chance, die Bauflächen „eigener Regie“ zu entwickeln. Die Konzeptvergabe der baureifen Grundstücke kann dabei als strategisches Instrument genutzt werden, um Projekte mit besonderen Konzepten im Bereich Klimaschutz zu forcieren. Damit besteht die Chance, dass auch ohne ein quartiersbezogenes Energieversorgungskonzept möglichst klimaschonende Bauprojekte entstehen.

# HANDLUNGSOPTIONEN FÜR STÄDTE

**132** Kommunale Handlungsfelder

**133** Handlungsfeld 0: Verwaltungshandeln und  
Projektentwicklungsstrategie

**138** Fokus-Handlungsfeld 1: Energieversorgung

**148** Handlungsfeld 2: Städtebau/ Freiraum

**153** Handlungsfeld 3: Gebäude

**157** Handlungsfeld 4: Mobilität/ Verkehr

**162** Handlungsfeld 5: Akzeptanz/ Nutzerverhalten



6

# 6 HANDLUNGSOPTIONEN FÜR STÄDTE

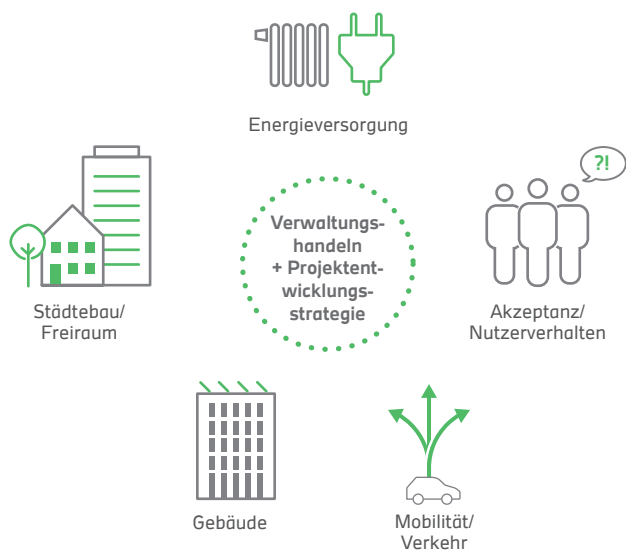
## 6.1 KOMMUNALE HANDLUNGSFELDER

Die im Rahmen von i\_city durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass neue Baugebiete einen großen Beitrag zum Klimaschutz leisten können, wenn frühzeitig auf allen relevanten Ebenen aufeinander abgestimmte Maßnahmen umgesetzt werden. Quartiere stellen sich als ideale Ebene dar, um Ziele des Klimaschutzes raumbezogen zu konkretisieren und umzusetzen.

Auf Basis der im Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse wurden sechs Handlungsfelder identifiziert, bei denen Städte ansetzen können, um neue Baugebiete möglichst klimaschonend zu entwickeln:

0. Verwaltungshandeln und Projektentwicklungsstrategie
1. Energieversorgung
2. Städtebau/ Freiraum
3. Gebäude
4. Mobilität/ Verkehr
5. Akzeptanz/ Nutzerverhalten

Abb. 90: Handlungsfelder für eine klimaschonende Bebauung



Quelle: eigene Darstellung

Da die strategische Vorgehensweise der Städte von übergeordneter Bedeutung ist, wird für das entsprechende Handlungsfeld die Nummer Null verwendet. Wegen der hohen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen kommt dem Handlungsfeld „Energieversorgung“ eine besondere Bedeutung zu. Es wird daher vertieft als sog. Fokus-Handlungsfeld betrachtet. In den verschiedenen Handlungsfeldern haben Städte abhängig von den projektspezifischen Rahmenbedingungen die Möglichkeit, Maßnahmen umzusetzen, die zum Klimaschutz beitragen.

Die nachfolgend beschriebenen Handlungsoptionen (Abkürzung: H) basieren auf der Auswertung der Fallstudien, den Erfahrungen bei der Bearbeitung des Forschungsprojekts in Mannheim sowie auf eigenen Ideen der Projektbearbeiter. Die Handlungsoptionen zeigen beispielhaft auf, mit welchen Maßnahmen Städte den CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines neuen Quartiers möglichst gering halten können. Von großer Bedeutung ist es dabei, nicht nur das Thema Klimaschutz, sondern auch immer die Themen Bezahlbarkeit, Baukultur, Umweltschutz/ Ressourcenschonung und Umsetzbarkeit zu betrachten. Grundvoraussetzung für die Realisierung von klimaschonenden Neubaugebieten ist, dass Städte bei der Entwicklung von neuen Baugebieten eine aktive Rolle übernehmen und das Thema Klimaschutz konsequent vorantreiben. Im Rahmen der kommunalen Selbstverwaltung und Planungshoheit haben Städte vielfältige Möglichkeiten, Maßnahmen zum Schutz des Klimas zu initiieren und auch selber umzusetzen.

Im Folgenden werden nach den Handlungsfeldern sortiert vielfältige kommunale Handlungsoptionen für die Entwicklung neuer Baugebiete systematisch aufgearbeitet und beschrieben. Dabei handelt es sich nicht um eine abschließende Sammlung von Maßnahmen und Empfehlungen, die im Sinne eines Leitfadens abgearbeitet werden sollen. Ziel ist es beispielhaft eine Bandbreite von Ansatzpunkten und Möglichkeiten für Städte aufzuzeigen, mit deren Hilfe die CO<sub>2</sub>-Emissionen von neuen Baugebieten minimiert werden können. Aus der Sammlung können Städte jene Handlungsoptionen auswählen, die abhängig von den jeweiligen Rahmenbedingungen am ehesten geeignet und umsetzbar sind, um ambitionierte Projekte voranzutreiben.

## Kommunale Handlungsoptionen im Überblick

Handlungsfeld 0: Verwaltungs- handeln und Projektentwick- lungsstrategie	H0.1 Auswahl der Entwicklungsfläche
	H0.2 Rolle der Stadt und Projektentwicklungsstrategie
	H0.3 Verwaltungs- bzw. Projektstruktur
	H0.4 Zwischenerwerb der Entwicklungsflächen
	H0.5 Kooperationen mit Grundstückseigentümern
	H0.6 Definition von Zielsetzungen
	H0.7 Erarbeitung eines Klimaschutzkonzepts
	H0.8 Instrumente für die Um- bzw. Durchsetzung von Klimaschutzmaßnahmen
	H0.9 Nutzung von Unterstützungsangeboten
Fokus-Handlungsfeld 1: Energieversorgung	H1.1 frühzeitige Berücksichtigung der Energieversorgung und Zuständigkeiten
	H1.2 Strategien für eine klimaschonende Energieversorgung
	H1.3 Erarbeitung und Umsetzung von quartiersbezogenen Energieversorgungskonzepten
	H1.4 Vergabeverfahren für die Energieversorgung
	H1.5 Akteure für die Umsetzung der Energieversorgung
	H1.6 Verpflichtung zum Anschluss an ein Wärmenetz
	H1.7 Förderungen und sonstige Unterstützungsleistungen
Handlungsfeld 2: Städtebau/ Freiraum	H2.1 Optimierung des Städtebaus
	H2.2 Wärmenetzdienliche städtebauliche Strukturen
	H2.3 Maximierung von Flächen für Solaranlagen
	H2.4 Nutzung von Freiflächen für die Energiegewinnung
	H2.5 Mischung von Nutzungen
	H2.6 Städtebauliche Wettbewerbe
	H2.7 Bebauungsplanung
Handlungsfeld 3: Gebäude	H3.1 Gebäudeenergiestandard
	H3.2 Baustoffe
Handlungsfeld 4: Mobilität/ Verkehr	H4.1 Erstellung von Mobilitätskonzepten
	H4.2 Schaffung von attraktiven Mobilitätsangeboten
	H4.3 Ruhender Verkehr
	H4.4 Elektromobilität
	H4.5 Verkehrsreduzierung durch Nutzungsmischung
	H4.6 Liefer- und Güterverkehr
Handlungsfeld 5: Akzeptanz/ Nutzerverhalten	H5.1 Untersuchung der Nutzerwünsche und Bedarfsgerechtigkeit
	H5.2 Informations-, Beratungs- und Beteiligungsangebot
	H5.3 Monitoring und Evaluierung in der Nutzungsphase
	H5.4 Förderungen und Vergünstigungen

## Eigentumsverhältnisse als wichtige Randbedingung

Die kommunalen Handlungs- und Einflussmöglichkeiten bei der Entwicklung neuer Baugebiete hängen stark von den Eigentumsverhältnissen der Entwicklungsfläche ab. Grundsätzlich kann unterschieden werden, ob sich die Flächen im Eigentum der Stadt bzw. einer städtischen Tochtergesellschaft oder im Eigentum von Privaten befinden. Bei Fremdeigentümern kann es sich um einen oder wenige Großeigentümer oder um mehrere Eigentümer handeln. Ein wichtige Randbedingung besteht auch darin, ob sich die Grundstücke zum Zeitpunkt der Planungen im Eigentum eines Projektentwicklers befinden, der nach der Baureifmachung die Flächen an Investoren weiterveräußert, oder ob der Eigentümer anschließend auch selber die Bebauung errichtet. Je nach Art der Eigentümerstruktur kann die Bereitschaft zur Umsetzung ambitionierter Konzepte unterschiedlich ausgeprägt sein.

## 6.2 HANDLUNGSFELD 0: VERWALTUNGSHANDELN UND PROJEKTENT- WICKLUNGSSTRATEGIE

Das Handlungsfeld 0 umfasst übergeordnete Handlungsoptionen von Stadtverwaltungen. Der Fokus liegt dabei auf der Frage, wie Verwaltungen strategisch vorgehen können, um eine Neubebauung möglichst klimaschonend zu entwickeln. Hinsichtlich Klimaschutzmaßnahmen bei neuen Baugebieten ließ sich bei den durchgeführten Untersuchungen keine etablierte Verwaltungspraxis feststellen. Bei der Umsetzung gehen Städte in der Praxis sehr unterschiedlich vor. Deutlich zeigte sich allerdings, dass für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen das Verwaltungshandeln und die grundsätzliche Strategie, mit der ein Baugebiet entwickelt wird, von zentraler Bedeutung sind.

### H0.1 Auswahl der Entwicklungsfläche



Vor der konkreten Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen auf Quartiersebene besteht eine wichtige Entscheidung

darin, an welcher Stelle im Stadtgebiet ein neues Baugebiet entwickelt wird. Falls mehrere Flächen für ein neues Baugebiet in Frage kommen, sollte geprüft werden, welche Fläche im Hinblick auf den Klimaschutz am sinnvollsten bebaut wird. Bei der Auswahl sollten jene Flächen mit einer guten Verkehrsanbindung und einer möglicher-

weise bestehenden Anbindung an ein Wärmenetz bevorzugt werden. Ebenfalls sollten lokale Bedingungen oder Energiequellen, die einfach erschlossen werden können, in die Entscheidung einbezogen werden. Neben vielen anderen Belangen und wenig beeinflussbaren Randbedingungen (z.B. Eigentumsverhältnissen) sollten für eine möglichst energiesparende und -effiziente Energieversorgung bei der Standortentscheidung insbesondere auch lokalklimatische Bedingungen berücksichtigt werden. Topografisch bedingte Verschattungen beispielsweise durch Hügel oder Hanglagen können die Solarenergienutzung erheblich einschränken; hohe Wind- und Luftströmungen können den Wärmebedarf der Gebäude erhöhen (vgl. Stadt Essen 2009: 5-9). Allein durch die Entscheidung, welcher Standort in der Stadt entwickelt wird, kann in erheblichem Umfang Energie beispielsweise für die Mobilität oder die Wärmeversorgung eingespart werden. Dass in einer Stadt jene Gebiete entwickelt werden, die ideale Voraussetzungen für die Einsparung bzw. effiziente Nutzung von Energie aufweisen, kann auch über den Flächennutzungsplan gesteuert werden.

## H0.2 Rolle der Stadt und Projektentwicklungsstrategie



Die verschiedenen Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts haben gezeigt, wie wichtig es ist, dass Städte

eine aktive Rolle übernehmen und frühzeitig Strategien erarbeiten, wie bei der Entwicklung eines neuen Baugebiets vorgegangen wird und wie dabei Maßnahmen für den Klimaschutz umgesetzt werden können. Klimaschutz erfordert konsequentes Handeln von Städten. Der damit entstehende Zeitaufwand darf aber nicht unterschätzt werden. Wenn die Entwicklung eines Baugebiets ansteht, sollten Städte zu einem frühen Zeitpunkt klären, ob im Hinblick auf den Klimaschutz besondere Ziele verfolgt werden und welche Rolle dabei die Stadt übernimmt. Angesichts der – wie in Kap. 2.1 beschrieben – großen Dringlichkeit des Themas sollten die vielfältigen Chancen genutzt werden, die sich bei der Entwicklung von neuen Baugebieten für den Schutz des Klimas bieten. Die zuständigen Stellen in Stadtverwaltungen sollten überlegen, wie unter den gegebenen Rahmenbedingungen strategisch vorgegangen wird, um Klimaschutzmaßnahmen in einem Neubauquartier umzusetzen. Eine zentrale Frage ist dabei, welche Rolle die Stadt dabei übernehmen kann bzw. will. Die Bandbreite kann vom simplen Moderieren und Steuern bis hin zur aktiven Planung und Umsetzung von Maßnahmen reichen. Wenn sich die Flächen nicht im Eigentum der Stadt befinden, sollten Städte frühzeitig mit den Eigentümern bzw. den Planungsbegünstigten eines Bebauungsplans das Gespräch suchen, um sich über die

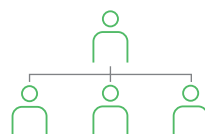
Ziele und die Vorgehensweise sowie die Umsetzung von Maßnahmen zu verständigen.

Wesentliche Fragen bei der strategischen Vorgehensweise sind:

- Welche Rolle übernimmt die Stadt bei der Entwicklung des Baugebiets? Was kann die Stadtverwaltung leisten?
- Welche Klimaschutzziele sollen erreicht werden? Welche formellen und informellen Instrumente sollen dafür eingesetzt werden?
- Wie kann eine funktionierende Struktur in der Verwaltung für die Bearbeitung des Projekts aufgebaut werden? Welche Akteure sind erforderlich?
- Wie kann die Umsetzung der Ziele erfolgen und gesichert werden? Wie kann mit dem Grundstückseigentümer eine Arbeitsebene gefunden werden?
- Ist externe Hilfe z.B. bei der Erstellung eines Klimaschutz- oder Energiekonzepts erforderlich? Sind ausreichend Haushaltsmittel für Beauftragungen oder sonstige Maßnahmen vorhanden?

Die Verwaltung sollte einen realistischen Zeitplan erarbeiten und dabei ausreichend Zeit für die Erstellung und Abstimmung beispielsweise von Energiekonzepten einkalkulieren. Zu überlegen ist, inwieweit und wann politische Beschlüsse als Selbstbindung beispielsweise für die Zielsetzungen oder die Vorgehensweise herbeigeführt werden sollen.

## H0.3 Verwaltungs- bzw. Projektstruktur



Grundsätzlich können Städte zusätzliche Aufgaben nur erfüllen, wenn die Personal- und Finanzausstattung ausreichend

ist oder angepasst wird. Wenn Städte eine aktive Rolle bei komplexen Stadtentwicklungsprojekten übernehmen, muss genügend Personal in geeigneter Qualifikation vorhanden sein. Um städtebauliche Projekte mit speziellen Zielsetzungen und Konzepten umzusetzen, ist es von großer Bedeutung, in fachlich aufgegliederten Stadtverwaltungen arbeitsfähige Strukturen aufzubauen, in denen alle relevanten Ämter vertreten sind und mit klarer Zuständigkeit mitarbeiten. Statt in einzelnen Fachdisziplinen und in Verwaltungshierarchien sollte in „Projektstrukturen“ gedacht und gearbeitet werden. Dies gilt nicht nur für das Thema Klimaschutz, sondern auch für alle anderen Themen, die für die Entwicklung nachhaltiger Quartiere von Relevanz sind. Projektleiter, die mit Entscheidungs- und Weisungskompetenzen ausgestattet sind und alle Themen „zusammendenken“, können eingesetzt und effiziente Arbeitsstrukturen aufgebaut werden. In der Regel macht es Sinn, dies im Bereich Stadtplanung anzusiedeln. Wichtig dabei ist es, dass nicht nur jene



planerischen Belange, die bei der Erstellung eines Bebauungsplans besonders kritisch sind (v.a. Artenschutz, Lärm), von Anfang an im Fokus stehen, sondern gleichermaßen auch Belange des Klimaschutzes und dabei vor allem der Energieversorgung.

Da sich beim Thema Klimaschutz oft komplexe Fragen stellen, für die es in vielen Stadtverwaltungen keine Fachexpertise gibt (z.B. Energieversorgung), kann es sinnvoll sein, externe Fachleute beispielsweise für die Beratung oder die Erstellung von Gutachten hinzuzuziehen. Hinsichtlich der Kapazitäten und Kompetenzen verfügen Verwaltungen in großen Städten über mehr Möglichkeiten als in kleineren Städten. In kleineren Verwaltungen könnten daher verstärkt Beauftragungen von externen Fachbüros in Frage kommen, um Maßnahmen voranzutreiben.

Ziel sollte es sein, für die Entwicklung von neuen Baugebieten mit besonderen Klimaschutzziele eine kontinuierliche und fachlich kompetente Begleitung des Projekts aufzubauen und zu organisieren, die im Idealfall auch über die Planungs- und Realisierungsphase hinausgeht. Wenn z.B. vertragliche Regelungen getroffen werden, dann sollte in der Verwaltung auch geregelt sein, wer die Einhaltung kontrolliert und durchsetzt. Möglicherweise müssen für die Realisierung klimaschonender Baugebiete auch neue Strukturen geschaffen und Zuständigkeiten umverteilt werden.

## H0.4 Zwischenerwerb der Entwicklungsflächen



Eine wesentliche Frage bei der Projektentwicklungsstrategie besteht darin, ob die Stadt die Möglichkeit hat, Flächen, die

sich in fremdem Eigentum befinden, zu erwerben und selber zu entwickeln. Die Auswertung der Beispielprojekte zeigte, dass Städte den größten Einfluss auf die Umsetzung von Zielen im Bereich Klimaschutz haben, wenn sie im Eigentum der Flächen sind. Viele ambitionierte Projekte sind im Zuge von Zwischenerwerbsmodellen entstanden (z.B. Alte Weberei in Tübingen). Aber nicht nur aus Gründen des Klimaschutzes, sondern auch im Hinblick auf andere aktuelle Probleme der Stadtentwicklung hat der Zwischenerwerb viele Vorteile (z.B. Schaffung von bezahlbarem Wohnraum). Auch auf Spinelli in Mannheim ließen sich die vielfältigen Vorteile erkennen, die sich daraus ergeben, dass eine städtische Tochtergesellschaft die Kasernenflächen erwirbt und nach der Baureifmachung in einem Konzeptvergabeverfahren an geeignete Bauherren veräußert. Wenn abzusehen ist, dass in Zukunft große Flächen (z.B. Konversionen) zur Entwicklung anstehen, sollten sich Städte frühzeitig damit auseinandersetzen, ob ein Zwischenerwerb in Frage

kommen könnte. Für den Zwischenerwerb werden in der Regel städtische Entwicklungsgesellschaften gegründet, die sämtliche Aufgaben übernehmen. Die öffentliche Hand hat dann weitreichende Einflussmöglichkeiten, allerdings liegt bei ihr auch das gesamte finanzielle Risiko. Der Erwerb und die Erschließung der Flächen müssen vorfinanziert und im Idealfall aus dem Erlös der baureifen Grundstücke refinanziert werden. Wenn die Stadt Eigentümerin der Fläche ist, besteht ein wesentlicher Vorteil darin, dass über Grundstückskaufverträge die künftigen Bauherren privatrechtlich zu umfangreichen Maßnahmen verpflichtet werden können. Die Vergabe von Grundstücken nach der Qualität des Konzepts stellt ein wichtiges strategisches Instrument dar, um die Entstehung von innovativen Projekten zu befördern. Aspekte des Klimaschutzes können bei den Vergabekriterien in besonderer Weise eingefordert und gewichtet werden.



### Projektbeispiele

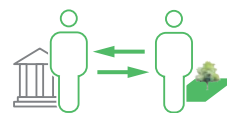
#### Tübingen: Wirtschaftsförderungsgesellschaft (WIT)

Die WIT Wirtschaftsförderungsgesellschaft Tübingen mbH als städtisches Tochterunternehmen ist nicht nur im Bereich allgemeine Wirtschaftsförderung tätig, sondern erwirbt und entwickelt auch Gewerbebrachen, um diese in innerstädtische Wohngebiete zu verwandeln (z.B. Alte Weberei). Dabei werden in verschiedenen Bereichen (z.B. Klimaschutz) ambitionierte Ziele umgesetzt. Die Stadt schöpft die Einflussmöglichkeiten aus, die sich durch den Zwischenerwerb ergeben und setzt in eigener Regie Maßnahmen um. Durch die Vergabe der Grundstücke auf Basis von Konzepten kann durch eine entsprechende Setzung von Prioritäten die Entstehung von klimaschonenden Projekten forciert werden. (vgl. Website WIT\_TUE)

#### Mannheim: MWSP

In Mannheim wurde die MWS Projektentwicklungsgesellschaft als Tochtergesellschaft der Stadt und eines weiteren kommunalen Unternehmens gegründet, um die Entwicklung der großen, ehemaligen Militärfächen zu übernehmen. Die Gesellschaft erwirbt die Flächen vom Bund, um diese nach der Baureifmachung weiter zu veräußern. Auf diese Weise können ambitionierte Ziele bei der Bebauung der Flächen umgesetzt werden. (siehe S. 111 f.)

## H0.5 Kooperationen mit Grundstückseigentümern



Wenn Städte die Grundstücke für die Entwicklung nicht zwischenerwerben können, besteht ein wichtiger Schritt darin,

möglichst früh im Planungsprozess mit den Eigentümern Möglichkeiten auszuloten, wie dennoch ambitionierte Konzepte umgesetzt werden können. Grundsätzlich haben Städte die Möglichkeit, entweder auf Kooperation mit den Investoren oder auf hoheitliches Anordnen im Rahmen des rechtlich Zulässigen zu setzen. Die Auswertung der Projektbeispiele macht deutlich, dass auch mit Hilfe von kooperativer Baulandentwicklung ambitionierte Ziele

erreicht werden können. Statt einseitiger Vorgaben bzw. hoheitlicher Verfahren durch die Stadt sollte daher ein konsensuales bzw. kooperatives Verfahren angestrebt werden. Mit den externen Akteuren sollten (Eigentümer, Investoren) dafür transparente Arbeits- und Kommunikationsstrukturen aufgebaut werden. Von Anfang sollte klar kommuniziert werden, dass bei der Entwicklung dem Thema Klimaschutz eine große Bedeutung zukommt und entsprechende Maßnahmen umzusetzen sind. Frühzeitig sollten sich die Stadt und der Investor/ Projektentwickler auf gemeinsame Ziele beim Klimaschutz, aber auch bei anderen Themen verständigen und diese am besten in einer Absichtserklärung (z.B. letter of intent) schriftlich festhalten, um auf einer solchen abgestimmten Grundlage das Projekt voranzutreiben. Es kann davon ausgegangen werden, dass je höher der Druck auf dem Wohnungsmarkt und je besser die Lage im Stadtgebiet ist, umso höher können die Anforderungen sein, die an Investoren gestellt werden.

## H0.6 Definition von Zielsetzungen



Wenn in Stadtplanungsmärtern die Planungen für ein neues Baugebiet starten, spielt das Thema Klimaschutz zunächst

meist eine untergeordnete Rolle. Der Fokus der Planung liegt meist auf dem städtebaulichen Entwurf, dem Verkehr, den für den Bebauungsplan problembehafteten Umweltthemen wie Lärm oder Artenschutz und auf sozialen Fragestellungen (z.B. Anteil sozial geförderter Wohnungen). Fragen des Klimaschutzes und insbesondere der Energieversorgung, deren Prüfung zumeist mit einem erheblichen Zeitaufwand verbunden ist, werden oft erst (zu) spät in die Planungen und in die Diskussionen eingebracht und wenig systematisch abgearbeitet. Es gibt aber auch vereinzelt Städte, in denen von der Stadtpolitik beschlossen wurde, dass bei der Entwicklung von Baugebieten bestimmte Maßnahmen beispielsweise im Energiebereich durchgeführt werden müssen (z.B. Freiburg). Die im Rahmen von i\_city durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass es erfolgsversprechend ist, am Beginn des Projekts konkrete Ziele für den Klimaschutz zu definieren, um so eine gewisse Verbindlichkeit im Planungsprozess zu verankern. Wegen der großen Relevanz für den CO<sub>2</sub>-Ausstoß sollte die Zielsetzung unbedingt Aussagen zur Energieversorgung, zum Gebäudeenergiestandard und zum Verkehr umfassen. Die Ausgestaltung der Zielsetzungen sollte ausführlich mit den relevanten Akteuren diskutiert und idealerweise im Konsens gefunden werden. Es kann sich anbieten, die Ziele von politischen Gremien beschließen zu lassen, damit die Verwaltung auf Basis einer klaren Beschlusslage arbeiten und mit Investoren verhandeln kann.

Je nach Bedeutung bzw. Größe des Projekts für die Gesamtstadt könnte es sich anbieten, Workshops mit der Verwaltung, Politik oder Experten zu veranstalten oder Fachgutachten mit Handlungsempfehlungen in Auftrag zu geben. Ebenso sollten Überlegungen angestellt werden, inwieweit die Öffentlichkeit an der Definition der Zielsetzung beteiligt werden kann bzw. soll. In einigen Städten gibt es auch gesamtstädtische Klimaschutzkonzepte, aus denen je nach inhaltlicher Ausgestaltung Ziele abgeleitet werden können bzw. müssen. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass raumbezogene Fachkonzepte (z.B. Klimaschutzkonzept), die von der Gemeinde beschlossen wurden, gemäß § 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB bei der Aufstellung von Bebauungsplänen zu berücksichtigen sind und somit zwingend als abwägungsrelevante Grundlagen in den Planungsprozess einfließen müssen. Falls ein städtebaulicher Rahmenplan erstellt wird, sollten dort Zielsetzungen im Bereich Klimaschutz konkret benannt werden. Wie detailliert und ambitioniert die Ziele gefasst werden, sollte im Einzelfall abgewogen werden. Nicht zielführend ist es, entweder unrealistisch hohe Ziele zu setzen, die Ambitionen zu weit zu senken oder auf zu allgemeine Formulierungen zurückzugreifen. Die Zielsetzungen sollten verbindlich und für die relevanten Akteure nachvollziehbar und umsetzbar sein. Bei der Festlegung sollten die Konsequenzen für die anderen wichtigen Belange der Stadtentwicklung (v.a. Bezahlbarkeit des Wohnens) nicht außer Acht gelassen werden.

## H0.7 Erarbeitung eines Klimaschutzkonzepts



Die verschiedenen Untersuchungen, die im Rahmen von i\_city durchgeführt wurden, ließen erkennen, dass nur sehr

selten für Baugebietsentwicklungen spezielle Fachgutachten erstellt werden, die sich detailliert damit beschäftigen, wie auf allen relevanten Ebenen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der neuen Bebauung reduziert werden können. In der Regel werden nur sektorale Gutachten beispielsweise für die Mobilität oder die Energieversorgung erstellt. Angesichts der großen Komplexität, aber auch Relevanz des Themas könnte es sich anbieten, im Rahmen von Baugebietsentwicklungen Gutachten zu erstellen, in denen alle relevanten Themen für CO<sub>2</sub>-Einsparungen detailliert untersucht werden. Solche Klimaschutzgutachten sollten zumindest die Themen Energieversorgung, Gebäudeenergiestandard, Baustoffe und Verkehr/ Mobilität beinhalten. Im Ergebnis sollte benannt werden, mit welchen Maßnahmen sich die größten CO<sub>2</sub>-Einsparungen erzielen lassen. Da es sich um sehr unterschiedliche Themen handelt, könnte eine Alternative darin bestehen, einzelne Gutachten erstellen zu lassen, die hinterher in eine

Gesamtschau gebracht werden. Das Klimaschutzkonzept sollte im Idealfall mit den anderen für die Quartiersentwicklung besonders relevanten Themen wie Bezahlbarkeit des Wohnens oder Soziales abgeglichen und in ein integriertes Quartierskonzept überführt werden. Dabei auftretende Zielkonflikte sollten systematisch abgearbeitet und möglicherweise politisch beschlossen werden. Für die Realisierung von größeren Baugebieten ist meist die Aufstellung eines Bebauungsplans erforderlich. Sofern es sich nicht um ein vereinfachtes Verfahren nach § 13 BauGB handelt, wird die Erstellung eines Umweltberichts erforderlich, in dem die erheblichen Umwelteinwirkungen der geplanten Bebauung zu beschreiben und zu bewerten sind. Gemäß Anlage 1 des Baugesetzbuchs müssen im Umweltbericht die Auswirkungen der geplanten Vorhaben auf das Klima (z.B. Art und Ausmaß der Treibhausgasemissionen) und der Anfälligkeit der geplanten Vorhaben gegenüber den Folgen des Klimawandels beschrieben und bewertet werden. Klimaschutzgutachten können somit auch für die Erstellung des Umweltberichts verwendet werden.

## H0.8 Instrumente für die Um- bzw. Durchsetzung von Klimaschutzmaßnahmen



Städten steht ein breites Spektrum an informellen und formellen Instrumenten zur Verfügung, um Klimaschutz-

maßnahmen bei der Entwicklung von neuen Baugebieten umzusetzen und zu sichern. Die im Rahmen von i\_city durchgeführten Untersuchungen machten deutlich, dass Städte die vorhandenen Möglichkeiten oft aber nicht ausschöpfen. Zu einem frühen Zeitpunkt sollten sich Städte damit auseinandersetzen, auf welche Instrumente sinnvollerweise zurückgegriffen wird, um die gesteckten Ziele zu erreichen. Dabei sollten u.a. die jeweiligen Rahmenbedingungen des Projekts (z.B. Kooperationsbereitschaft des Eigentümers), aber auch die in der Verwaltung verfügbaren Personalkapazitäten berücksichtigt werden. Wenn sich die Flächen nicht im Eigentum der Stadt befinden, gilt es insbesondere zu prüfen, mit welchen Instrumenten Projektentwickler und Bauherren zu bestimmten Maßnahmen für den Klimaschutz verpflichtet werden können.

Grundsätzlich kann zwischen Instrumenten unterschieden werden, die bestimmte Maßnahmen vorschreiben oder verbieten, und solchen, die auf Freiwilligkeit und auf der Schaffung von Angeboten beruhen. Im Allgemeinen steht es Städten frei, ob sie zur Umsetzung und Sicherung bestimmter Ziele das private oder das öffentliche Recht heranziehen. Die Bandbreite von Instrumenten reicht von Festsetzungen in Bebauungsplänen oder in örtlichen Bauvorschriften im Rahmen der vom Gesetzge-

ber vorgesehenen Satzungsermächtigungen (siehe Kap. 2.2), über städtebauliche Verträge bis hin zu unverbindlichen Maßnahmen wie städtebaulichen Rahmenplänen oder Beratungsangeboten. Entscheidendes Kriterium bei den Instrumenten ist, wie verbindlich und langfristig gesichert dadurch die Umsetzung erfolgt. Die Projektauswertungen ergaben, dass eines der wichtigsten Instrumente der städtebauliche Vertrag darstellt, den Städte mit den Planungsbegünstigten meist im Zuge der Schaffung von Baurecht abschließen (siehe Kap. 2.2). Im Hinblick auf den Klimaschutz können darin weitreichende Regelungen getroffen werden. Für viele große Entwicklungsprojekte werden städtebauliche Rahmenpläne als informelles Planungsinstrument erstellt. Durch einen entsprechenden Gemeinderatsbeschluss erhalten die Rahmenpläne dennoch eine Bindungswirkung und bilden die Grundlage für die zu erstellenden Bebauungspläne. Bei den Untersuchungen im Rahmen von i\_city wurden u.a. folgende formelle und informelle Instrumente identifiziert, auf die Städte zurückgreifen können, um Maßnahmen im Bereich Klimaschutz voranzutreiben bzw. umzusetzen:

- Bebauungspläne: Festsetzungen zur Förderung einer klimafreundlichen Bebauung (siehe S. 20)
- Durchführungsvertrag bei vorhabenbezogenen Bebauungsplänen
- örtliche Bauvorschriften in Bebauungsplänen oder eigenständige Satzungen (z.B. Stellplatzsatzungen)
- städtebaulicher Vertrag (siehe S. 23)
- Absichtserklärungen mit dem Investor am Beginn der Entwicklung (z.B. letter of intent)
- städtebaulicher Rahmenplan: Festlegung von Zielsetzungen, Grundlagen für Bebauungsplan
- kommunale Satzungen der Stadt (z.B. Fernwärmesatzung mit Anschlussverpflichtung)
- Erstellung von Gutachten und Konzepten zu relevanten Themenstellungen (z.B. Klimaschutzkonzept, Energiekonzept, Mobilitätskonzept) mit Handlungsempfehlungen
- Gemeinderatsbeschlüsse für klimaschutzrelevante Belange als Selbstbindung für die gesamte Stadt oder ein bestimmtes Projekt (z.B. Gebäudeenergiestandard)
- städtische Förderprogramme (z.B. für Kombination von Gründach und Solaranlage)
- Zwischenerwerb der Grundstücke durch öffentliche Hand (ggf. durch städtische Tochtergesellschaft)
- Vergabe von Grundstücken nach Qualität des Konzepts an Bauherren (Konzeptvergabeverfahren)
- Grundstückskaufverträge oder sonstige privatrechtliche Verträge mit entsprechenden Verpflichtungen (z.B. Sicherung bestimmter Maßnahmen)
- Sicherungen von Maßnahmen durch Eintragung im Grundbuch als Grunddienstbarkeit oder beschränkt persönliche Dienstbarkeit
- Teilnahme an Quartierszertifizierung (z.B. DGNB)

- Entwicklung eines eigenen Zertifizierungssystems (z.B. Franklin Zertifikat in Mannheim, Umweltzeichen HafenCity in Hamburg)
- Einrichtung eines Beirats oder Baukommission für die Begleitung der Bebauung (u.a. Fokus auf Klimaschutz)
- Erarbeitung eines Gestaltungshandbuchs bzw. Bauhandbuchs mit Hinweisen zum Thema Klimaschutz (z.B. als Anlage zu Grundstückskaufvertrag)
- Gründung von städtischen Tochtergesellschaften oder sonstigen Strukturen wie Vereinen für die Umsetzung besonderer Zielsetzungen (z.B. Gesellschaft für Projektentwicklung oder Energieversorgung, Verein für die Mobilitätsangebote)
- Beratung von Bauherren durch Verwaltung oder externe Fachbüros
- Realisierung öffentlicher Gebäude als Vorzeigeprojekte

## H0.9 Nutzung von Unterstützungsangeboten



Bei der Erarbeitung der Strategie, wie bei der Entwicklung eines Baugebiets möglichst hohe Klimaschutzziele erreicht

werden können, sollten Verantwortliche in der Stadtverwaltung frühzeitig prüfen, ob bzw. welche Förderungen und sonstigen Unterstützungsangebote möglicherweise in Frage kommen könnten. Da Maßnahmen für den Klimaschutz oft mit Mehrkosten verbunden sind, sollte geprüft werden, ob es Programme gibt, mit denen die Umsetzung gefördert werden könnte. Wichtig dabei ist es, auf die Fördervoraussetzungen und die -schädlichkeit zu achten. Oft dürfen beispielsweise Projekte noch nicht begonnen sein. Da die Beantragung von Fördermitteln aufwändig und die Entscheidung langwierig sein kann, sollte dafür ausreichend Zeit eingeplant werden. Speziell für Projekte mit innovativen Mobilitäts- oder Energiekonzepten gibt es aktuell attraktive Fördermöglichkeiten, um eine wirtschaftliche Umsetzung zu unterstützen (z.B. Wärmenetze 4.0). Je nach Rahmenbedingungen können auch Fördermittel der Städtebauförderung in Frage kommen.

Neben den direkten finanziellen Förderungen könnte es sich für Städte auch anbieten, mit einer Entwicklungsfläche an inhaltlich geeigneten Forschungsprojekten als Untersuchungsgegenstand teilzunehmen und mit wissenschaftlichen Einrichtungen zu kooperieren. Die Projektanalysen, aber auch das Forschungsprojekt *i\_city* in Mannheim zeigten, dass Forschungsprojekte wertvollen Input bei der Entwicklung ambitionierter Baugebiete leisten können. Durch solche Kooperationen können zusätzliche externe Personalmittel und umfangreiches

Fachwissen in die Entwicklung von Baugebieten eingebunden werden.

## Weitere kommunale Handlungsoptionen im Überblick

- **Aufbau von Kooperationen mit lokalen Unternehmen:** Zur Förderung der lokalen Wirtschaft könnte ortsansässigen Firmen die Möglichkeit gegeben werden, in einem Baugebiet innovative Techniken oder neue Produkte zu erproben. Lokal vorhandenes Know-how könnte für die Entwicklung vorbildlicher Quartiere genutzt und so die lokale Wertschöpfungskette gefördert werden. Die städtische Wirtschaftsförderung könnte wichtige Aufgaben übernehmen und in die Entwicklung von Baugebieten eingebunden werden. In Mannheim wurde beispielsweise im Jahr 2013 das Konzept „Blue City Mannheim. Innovative Konzepte für Konversion und Ingenieursmeile“ erarbeitet, in dem konkrete Maßnahmen für den Klimaschutz auf den Konversionsflächen benannt wurden. Als Akteure für die Umsetzung sollten Mannheimer Unternehmen, Hochschulen und Privatpersonen angesprochen werden. (vgl. MVV Enamic/ Stadt Mannheim 2013)
- **Kompensationen für den CO<sub>2</sub>-Ausstoß:** Städte könnten Konzepte erarbeiten, sodass innerhalb des Stadtgebiets beispielsweise durch Aufforstungen der nicht vermeidbare CO<sub>2</sub>-Ausstoß von neuen Quartieren ausgeglichen wird.
- **Erarbeitung von Handreichungen oder Checklisten für die Umsetzung von klimabezogenen Maßnahmen als interne Arbeitshilfe für Mitarbeiter in der Verwaltung:** Solche Checklisten können für die Fortbildung der Mitarbeiter sowie die Beratung von Bauherren und die Bewertung von Projekten genutzt werden. Beispielsweise hat die Stadt Augsburg bereits im Jahr 2007 einen Leitfaden erarbeitet, wie Klimaschutzbelange in der städtebaulichen Planung berücksichtigt und umgesetzt werden können. Darin lassen sich insbesondere Hinweise zur Optimierung des Städtebaus finden (z.B. Kompaktheit, Orientierung) (vgl. Stadt Augsburg 2007).

## 6.3 FOKUS-HANDLUNGSFELD 1: ENERGIEVERSORGUNG

Auf Grund der hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Energieversorgung von Gebäuden entstehen bzw. eingespart werden können, wurde im Forschungsprojekt und bei der

Ausarbeitung der Handlungsoptionen ein Fokus auf die Minimierung der energiebedingten Emissionen gelegt. Da es sich bei der Energieversorgung nicht um eine hoheitliche Aufgabe der Kommunen handelt und dem Thema bei der Entwicklung von Baugebieten insbesondere in der Anfangsphase im Vergleich zu anderen Themen wie Städtebau, Freiraum oder Verkehr meist eine untergeordnete Bedeutung zukommt, werden im Folgenden Möglichkeiten aufgezeigt, wie Städte die energiebedingten Emissionen möglichst gering halten können. Ziel sollte es sein, Neubebauungen möglichst effizient und CO<sub>2</sub>-arm mit Wärme und Strom zu versorgen. Dafür sollte so viel Energie wie möglich im Quartier und in der Umgebung gewonnen und direkt von den Bewohnern genutzt werden. Grundsätzlich sollten bei Baugebietentwicklungen in energetischer Hinsicht folgende Zielsetzungen verfolgt werden:

- Minimierung des Energiebedarfs der Gebäude beispielsweise durch kompakte Bauweise, Wärmedämmung, solare Gewinne etc.
- möglichst CO<sub>2</sub>-freie Deckung des verbleibenden Energiebedarfs v.a. durch regenerative Energiequellen wie PV, Solarthermie, Geothermie und Abwärme aus Abwasser, Kühlprozessen, KWK-Anlagen etc.
- Steigerung der Energieeffizienz und maximale Nutzung der lokal erzeugten regenerativen Energie im Gebäude/ Quartier durch intelligent betriebene Verteilungs- (zentral/ dezentral) und Speichersysteme. Unter Einbindung von Wettervorhersagen kann der Bedarf und die Stromerzeugung mit Hilfe von Simulationsmodellen vorhergesagt werden und damit die Nutzung der vorhandenen Speichersysteme optimiert werden. Dadurch erhöht sich der Autarkiegrad des Gebäudes oder Quartiers, so dass weniger Energie von außen zugeführt werden muss. Gleichzeitig kann durch Vermeidung von Lastspitzen und eine aktive Nutzung der Flexibilität durch Speicher im Quartier ein stromnetzdienlicher Betrieb realisiert werden.

### H1.1 Frühzeitige Berücksichtigung der Energieversorgung und Zuständigkeiten

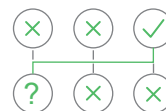


Die verschiedenen, im Forschungsprojekt durchgeführten Analysen haben gezeigt, dass bei der Entwicklung neuer Bau-

gebiete das Thema der Energieversorgung häufig zu wenig und/ oder zu spät im Planungsprozess berücksichtigt wird. Der Fokus der Planungen liegt zumeist auf anderen Belangen wie Verkehr, Lärm oder Artenschutz, die bei der Aufstellung von Bebauungsplänen und in der öffentlichen Wahrnehmung besonders kritisch sind. Auch wenn die Energieversorgung keine originäre Aufgabe der Stadtpla-

nung ist, sollten sich die zuständigen Mitarbeiter im Planungsamt wegen der großen CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale von Anfang auch mit der Frage beschäftigen, wie die Neubebauung klimaschonend mit Heizwärme, Warmwasser und Strom versorgt werden kann. Eine frühzeitige Beschäftigung ist vor allem deshalb wichtig, weil unter Umständen bestimmte Versorgungskonzepte Anforderungen an den Städtebau und die Grundstücksvermarktung stellen und die technische Infrastruktur vor der Aufsidlung eingebaut werden muss. Eine Schwierigkeit besteht darin, dass es in vielen, v.a. kleineren Stadtverwaltungen für das Thema Energieversorgung keine ausgewiesenen Fachleute gibt, die sich für diesen Belang einsetzen und fachlich betreuen können. In größeren Städten gibt es mittlerweile oft Strukturen in der Verwaltung (z.B. Klimaschutzagenturen, Stabstellen), die zu energetischen Fragestellungen eingebunden werden können. Von großer Bedeutung ist es, dass es, wie für andere Belange wie Arten- oder Denkmalschutz, auch für das Thema Energieversorgung eine Verantwortlichkeit in der Verwaltung gibt. Vorteilhaft könnte es sein, die Federführung im Bereich Stadtplanung anzusiedeln – auch wenn dies nicht zum Hauptaufgabenfeld dieses Bereichs gehört. Damit wäre die interdisziplinäre Abstimmung mit den anderen Belangen in hohem Maße gewährleistet.

### H1.2 Strategien für eine klimaschonende Energieversorgung



Die verschiedenen Untersuchungen im Rahmen von i\_city zeigten in der Gesamtschau, dass Städten verschiedene

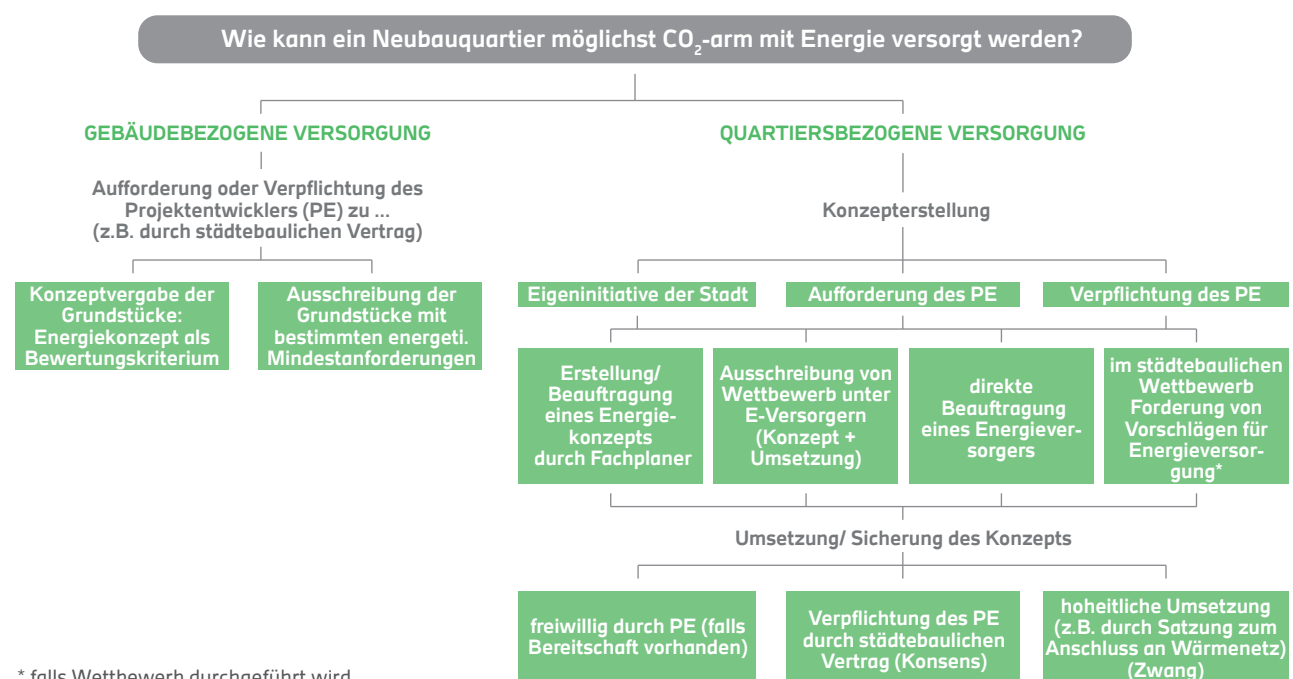
strategische Vorgehensweisen zur Verfügung stehen, um das Ziel einer möglichst CO<sub>2</sub>-armen Energieversorgung in einem Neubaugebiet zu erreichen. Die Untersuchungen ließen den Schluss zu, dass ohne Initiative und Aktivitäten von Städten – insbesondere bei Flächen im Fremdeigentum – in der Regel keine ambitionierten Energieversorgungssysteme entstehen.

Auf welche Umsetzungsstrategie Städte am sinnvollsten zurückgreifen, hängt von den Rahmenbedingungen und Akteurskonstellationen im jeweiligen Projekt ab. Von Bedeutung ist insbesondere, ob sich die Fläche im Eigentum der Stadt oder privater Eigentümer befindet und inwieweit Letztere kooperationsbereit sind. Relevant für die strategische Vorgehensweise ist zudem, ob der Eigentümer, dem am Beginn des Planungsprozesses die Flächen gehören, selber die Hochbauten errichtet oder ob er nach der Baureifmachung die Grundstücke veräußert (Projektentwicklung). Häufig sehen Investoren Systeme für die Energieversorgung vor, die mit dem geringsten Aufwand und wirtschaftlichen Risiko realisiert werden können und daher meist keinen wesentlichen Beitrag zum Klima-

schutz leisten. Je nach Strategie unterscheiden sich die Rolle und die Aufgaben der Stadt sowie der Aufwand, der dadurch für die Verwaltung entsteht. Abbildung 91 zeigt verschiedene Möglichkeiten auf, wie Städte strategisch vorgehen können, um eine möglichst CO<sub>2</sub>-arme Energieversorgung in neuen Baugebieten zu erreichen. Dabei wird die in der Praxis häufige Fallkonstellation angenommen, dass sich die Grundstücke im Eigentum eines Projektentwicklers befinden, der diese später baureif an Hochbauinvestoren veräußert. Wenn Städte erreichen möchten, dass die neue Bebauung möglichst wenig energiebedingte Emissionen verursacht, sollte zunächst die Frage geklärt werden, ob die Energieversorgung auf übergeordneter Ebene mit quartiersbezogenen Systemen oder auf Ebene der einzelnen Gebäude organisiert werden soll. Wie in Kap. 3.4 beschrieben und im Energieversorgungskonzept der Hochschule für Spinelli dargestellt, haben quartiersbezogene Lösungen im Hinblick auf den Klimaschutz viele Vorteile. Allerdings sind im Vorfeld umfangreiche Planungen erforderlich und es müssen spezielle technische Anlagen errichtet werden. Städte haben vielfältige Möglichkeiten, um ideale Rahmenbedingungen für die Entstehung von leitungsgebundenen Versorgungssystemen auf Quartiersebene zu schaffen (z.B. Erlass von Fernwärmesatzung, hohe Bebauungsdichte für ausreichende Wärmeabnahme). Wenn hingegen klimaschonende Energiekonzepte auf der Gebäudeebene forciert werden, müssen Bauherren zahlreiche Aufgaben wie die Entwicklung und Errichtung der technischen Anlagen übernehmen. Die Entscheidung für ein System fällt in diesen Fällen erst spät im Entwicklungsprozess, wenn die Bauherren feststehen

und ihre Gebäudeplanungen vorangetrieben haben. Die Vermarktung der Grundstücke im Rahmen von Konzeptvergaben kann die Entstehung von möglichst klimaschonenden, innovativen Gebäuden begünstigen. Mit Hilfe entsprechender Vorgaben und Bewertungskriterien kann gesteuert werden, dass nur Projekte mit einer CO<sub>2</sub>-armen Energieversorgung Baugrund erhalten. Da nur die besten Konzepte zum Zuge kommen, stehen die Interessenten für Grundstücke unter einem großen Druck, besonders innovative Versorgungssysteme zu entwickeln. Durch dieses Verfahren werden die Entwicklung und die Umsetzung einer klimaschonenden Energieversorgung auf die Bauherren übertragen. Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass in besonderem Maße bedarfsgerechte Lösungen entstehen. Konzeptvergaben werden meist durchgeführt, wenn Städte im Eigentum der Flächen sind. Es ist aber auch denkbar, sonstige Grundstückseigentümer beispielsweise durch einen städtebaulichen Vertrag zur Durchführung eines solchen Verfahrens zu verpflichten (z.B. Projekt Güterbahnhof in Tübingen). Alternativ zu aufwändigen Konzeptvergaben mit Festpreisen könnte der Verkauf von Grundstücken an die Verpflichtung gekoppelt werden, bei der Energieversorgung der künftigen Bebauung bestimmte Grenzwerte einzuhalten (z.B. CO<sub>2</sub>-Emissionen, Anteil an regenerativen Energien). Bei der gebäudebezogenen Umsetzung muss im Zuge der Erschließungsplanung geklärt werden, welche Versorgungsleitungen eingebaut und den entstehenden Hochbauten zur Verfügung gestellt werden (Gas, Fernwärme). Wenn die Bauherren frei über die Art der Energieversorgung entscheiden können und dabei möglicherweise auch auf leitungsungebundene Technologien wie Pellet

Abb. 91: Handlungsoptionen von Städten, wenn sich das Grundstück im Eigentum eines Projektentwicklers (PE) befindet



Quelle: eigene Darstellung

heizungen zurückgreifen, kann die Frage aufkommen, ob sich der Einbau etwa von Gas- oder Fernwärmeleitungen überhaupt lohnt. Wenn eine klimaschonende Energieversorgung quartiersbezogen realisiert werden soll, sind im Vorfeld die Erarbeitung eines Konzepts sowie die Errichtung der technischen Anlagen durch einen geeigneten Akteur erforderlich. Hinsichtlich der Frage, wer die Vorbereitung und Umsetzung eines solchen Konzepts übernimmt, kommen verschiedene Akteure und Instrumente für die Durchsetzung in Betracht. Zunächst besteht die Möglichkeit, dass die Stadt selber die Erarbeitung eines Energiekonzepts in Auftrag gibt. Idealerweise werden an der Erarbeitung und Entscheidung sowie an den dafür anfallenden Kosten auch der Grundstückseigentümer beteiligt, der in der Folge idealerweise freiwillig das erarbeitete Konzept umsetzt (z.B. Suche nach Betreiber).

Städte haben auch die Option, den Projektentwickler durch einen städtebaulichen Vertrag zur Realisierung eines bestimmten Energiekonzepts zu verpflichten – sofern darüber Einigung erzielt werden kann. Auch wenn dies in der Praxis eher vermieden wird, hätten Städte grundsätzlich auch die Möglichkeit, Forderungen gegenüber Grundstückseigentümern hoheitlich ohne Konsensfindung durchzusetzen. Beispielsweise könnten Satzungen mit einem Anschluss- und Benutzungszwang erlassen werden, sodass verpflichtend an ein Wärmenetz angeschlossen werden muss. Ebenso wären zur Umsetzung eines Energiekonzepts diverse Festsetzungen in Bebauungsplänen rechtlich möglich. Hinsichtlich der Zuständigkeit ist es auch denkbar, die Planung und Umsetzung eines Energieversorgungssystems dem Projektentwickler z.B. durch einen städtebaulichen Vertrag zu übertragen. Vertraglich könnten weiterführende Regelungen wie Mindestanforderungen an das Konzept und Mitspracherechte für die Stadt oder Entscheidungskriterien getroffen werden. Eine weitere Vorgehensweise für Städte liegt darin, auf den lokalen Energieversorger – in vielen Fällen handelt es sich dabei um kommunale Stadtwerke – zuzugehen, um diesen für die Erarbeitung eines möglichst klimaschonenden Energiekonzepts zu gewinnen.

Eine weitere Strategie besteht in der Durchführung von systemoffenen Realisierungswettbewerben unter verschiedenen Energieversorgungsunternehmen. Die Stadt oder der Projektentwickler können solche konkurrierenden Verfahren initiieren, bei denen geeignete Unternehmen innovative Vorschläge für die Versorgung des Neubaugebiets einreichen. Nach der Bewertung durch eine Jury erhält ein Energieversorger den Zuschlag für die Errichtung und den Betrieb des Versorgungssystems. Da diese Vorgehensweise zahlreiche Vorteile hat und bislang nur selten in der Praxis zu finden ist, wird diese nachfolgend als eigene Handlungsoption ausführlicher beschrieben (siehe H1.4). Die aufgezeigten Strategien haben Vor- und Nachteile im Hinblick auf die Einfluss- und Steuerungsmöglichkeiten der öffentlichen Hand. Sie

führen in der Stadtverwaltung zu einem unterschiedlich großen personellen wie finanziellen Aufwand. Verzögerungen im Planungsablauf können je nach Umfang der Prüfungen und Aufwand für die Konzepterstellung nicht ausgeschlossen werden.

### H1.3 Erarbeitung und Umsetzung von quartiersbezogenen Energieversorgungskonzepten



Da es in der Regel eine Vielzahl an Möglichkeiten gibt, ein neues Baugebiet effizient und klimaschonend mit Ener-

gie zu versorgen, ist es empfehlenswert, frühzeitig im Planungsprozess etwa in einem Gutachten oder einer Machbarkeitsstudie zu prüfen, wie der Energiebedarf minimiert werden kann und welche Energiequellen und Versorgungssysteme am sinnvollsten genutzt werden. Dafür wird in der Regel die Beauftragung eines Fachbüros erforderlich. Die Projektuntersuchungen (siehe Kap. 4) haben gezeigt, dass trotz der großen Bedeutung für den Klimaschutz solche systematischen Untersuchungen in der Praxis nicht weit verbreitet sind. Es gibt aber auch Städte, die die Erstellung von Energiekonzepten vorschreiben. In Freiburg wurden beispielsweise 2009 baupolitische Grundsätze beschlossen, die die Erstellung von Energiekonzepten für größere Projekte vorschreiben (weitere Erläuterungen s.u.; vgl. Stadt Freiburg 2009a: 6 f.). In diesem Zusammenhang stellen sich komplexe Fragen der Initiative, der inhaltlichen Ausrichtung und Entscheidung sowie der Umsetzung. Wie in der vorherigen Handlungsoption H1.2 beschrieben, kommen verschiedene Akteure für die Erstellung und Umsetzung eines Energiekonzepts in Betracht. Machbarkeitsstudien können neben dem zeitlichen Aufwand mit erheblichen Kosten verbunden sein. Zudem können sie zu Verzögerungen im Planungsprozess führen.

#### Inhalte quartiersbezogener Energieversorgungskonzepte

Angesichts des langfristigen Bestands von technischer Infrastruktur und der weitreichenden wirtschaftlichen Folgen sollten Gutachten alle relevanten Themen behandeln und eine hohe fachliche Qualität aufweisen, sodass darauf aufbauend fundierte Entscheidungen getroffen werden können. Zu beachten ist, dass es Förderprogramme gibt, die die Erstellung innovativer Energieversorgungskonzepte finanziell unterstützen (z.B. Wärmenetze 4.0). Inhaltlich sollten Gutachten mindestens eine Bedarfsermittlung, eine Auswahl an technischen Versorgungsmöglichkeiten sowie Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen umfassen. Die Bedarfe der neuen Bebauung für Strom, Wärme und Kälte sollten möglichst genau berechnet werden, um

darauf aufbauend ein passgenaues Versorgungskonzept entwickeln zu können. Diese Forderung kann im Widerspruch dazu stehen, Versorgungskonzepte möglichst früh zu erarbeiten. Denn häufig sind in einem frühen Projektstadium für die Berechnung relevante Grundlagen noch nicht entschieden – wie beispielsweise bei Spinelli die Frage der Parkhäuser. Falls zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens wichtige Parameter noch offen sind, sollten Annahmen getroffen werden, die im Idealfall mit den relevanten Akteuren abgestimmt werden. Alternativ können verschiedene Varianten untersucht werden. Angesichts dieser Problematik könnte auch zweistufig vorgegangen werden. Beispielsweise verfolgt die Stadt Berlin bei der Entwicklung von Neubaugebieten die Strategie, sogenannte Energiegrundkonzepte noch vor dem städtebaulichen Entwurf zu erstellen, um die Erkenntnisse dieser grundlegenden Untersuchungen im städtebaulichen Entwurfsprozess berücksichtigen und abwägen zu können (siehe Projektbeispiele unten).

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Versorgungssystemen müssen in aller Regel Annahmen getroffen werden, bei denen sich schon kleine Änderungen erheblich auf die Ergebnisse auswirken können (z.B. Kapitalverzinsung, Kostenkennwerte, Preisänderungsfaktor, Laufzeit). Daher sollten die Annahmen vorher mit den relevanten Projektpartnern abgestimmt werden, um spätere Zweifel oder Kritik an den Berechnungen zu vermeiden. Da wie in Kap. 3.6.7 dargestellt netzgebundene Versorgungssysteme vielfältige Vorteile haben, sollte geprüft werden, ob der Aufbau eines Wärmenetzes technisch wie wirtschaftlich möglich ist. Zielführend kann es in diesem Zusammenhang sein, beim lokalen Fernwärmenetzbetreiber nachzufragen, ob im Bereich des Plangebiets künftig Veränderungen oder Verlängerungen von Leitungen geplant sind.

Beispielhaft könnte eine Machbarkeitsstudie folgenden Aufbau aufweisen:

- Definition der Aufgabenstellung (Leistungsbild des beauftragten Fachbüros)
- Festlegung der Zielsetzung
- Analyse der Rahmenbedingungen/ Ausgangslage
- Berechnung der Bedarfe für Strom, Heizwärme, Trinkwarmwasser, Kälte und Elektromobilität
- Erfassung und Bewertung potenzieller Energiequellen im und um das Plangebiet (Potenzialanalyse)
- Erarbeitung von Versorgungsvarianten für Strom, Wärme, Kälte und Elektromobilität (Erzeugung und Verteilung)
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter Berücksichtigung von Betreiber- und Geschäftsmodellen
- Auswirkungen auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß und auf die Endkosten für den Nutzer
- Vergleich der Varianten inkl. Bewertung
- Handlungsempfehlungen/ Umsetzungskonzept

Folgende Themen sollten in einem Gutachten zur Energieversorgung behandelt werden:

- Mieterstrom/ Eigenstromnutzung
- Wärmepreis (im Vergleich zu etablierten Versorgungsformen)
- unterschiedliche Versorgungsstrukturen: zentral, dezentral (d.h. Wärmenetze)
- Eigenverbrauchsanteil
- CO<sub>2</sub>-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente), Umweltauswirkungen
- Anteil regenerativer Energien
- Speicher und Potenziale für Lastverschiebung
- Sektorkopplung: Wärme, Strom, Elektromobilität (Power-to-Heat, Vehicle-to-Grid)
- Gebäudeenergiestandard: Auswirkungen verschiedener Standards auf den Energiebedarf und das Versorgungskonzept
- Synergieeffekte mit Nutzungen abseits von Wohnen im Gebiet und mit dem umliegenden Bestand
- Auswirkungen im Falle einer abschnittswisen Auf siedlung eines größeren Baugebiets (Skalierbarkeit eines Energiesystems)

Ziel sollte es sein, ein bis zum Endnutzer durchdachtes Energieversorgungskonzept zu erstellen. Die Kosten und Wirtschaftlichkeit sollten sowohl für den Betreiber als auch für den Bewohner untersucht werden. Hierbei sollte auch die perspektivische Entwicklung von Energiepreisen und mögliche steuerliche Entwicklungen als Variantenvergleiche zur Risikobewertung mit betrachtet werden. Relevante Elemente aus dem Energiekonzept können auch in den Bebauungsplan oder in einen städtebaulichen Vertrag einfließen. Berücksichtigt werden sollte, ob ein Baugebiet in mehreren Abschnitten über viele Jahre entwickelt werden soll. In diesen Fällen lassen sich die maximale Auslastung der technischen Anlagen und sowie die volle Höhe der Einnahmen nur sukzessive realisieren. Vorteilhaft sind hier Energiesysteme, die stufenweise mit dem wachsenden Baugebiet erweitert werden können. Dann fallen die notwendigen Investitionskosten bedarfsgerecht an, was für Investoren von großem Vorteil ist. Ein Beispiel hierfür sind beispielsweise stufenweise ausbaubare Geothermiesysteme und Wärmepumpenkaskaden oder ähnliches.

In Gutachten kann auch untersucht werden, ob es eventuell sinnvoller ist, die angestrebten CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch höhere Anforderungen an die Gebäude (Wärmedämmung) zu erreichen anstatt durch aufwändige Versorgungssysteme. Gegenstand der Untersuchung könnte somit auch der Gebäudeenergiestandard sein. Auf alle Fälle sollte frühzeitig geklärt werden, mit welchem Gebäudeenergiestandard die Bedarfsberechnungen durchgeführt werden und ob möglicherweise bestimmte Mindeststandards vorgeschrieben werden. Von großer Bedeutung ist, dass für die Erarbeitung und Abstimmung eines Energiekonzepts ausreichend Zeit zur Verfügung



steht und die Ergebnisse im Planungsprozess rechtzeitig vorliegen, um diese beispielsweise in den Städtebau oder Bebauungsplan einfließen zu lassen. Um Planungssicherheit für die Bauherren zu schaffen, sollte zwingend vor der Vermarktung der Grundstücke geklärt sein, ob bzw. welche Verpflichtungen sich möglicherweise aus dem Versorgungskonzept für die Erwerber ergeben (z.B. Anschlusszwang, Trinkwarmwasserbereitung nur über Frischwasserstationen). Wichtig in Zusammenhang mit Gutachten ist, dass später in der Nutzungsphase eine Prüfung stattfindet, ob die zuvor errechneten Werte erreicht werden. Bei komplexen technischen Systemen sind in der Regel ein Monitoring sowie Optimierungen erforderlich, um die gewünschten Effekte und Einsparungen zu erreichen. Möglicherweise kann es auch notwendig werden, durch entsprechende Maßnahmen das Nutzerverhalten der Bewohner zu beeinflussen (siehe dazu Handlungsfeld 5).

### Entscheidungsfindung

Wenn in einem Gutachten verschiedene Versorgungsvarianten untersucht werden, stellt sich die Frage, auf Grundlage welcher Kriterien die Entscheidung für ein Versorgungssystem getroffen wird. Zumeist fällt die Wahl auf die Variante mit der besten Wirtschaftlichkeit für den Energieversorger. Dabei ist es von großer Bedeutung bei der Entscheidung auch die Interessen und Sichtweisen des Grundstückseigentümers (Projektentwickler), der Bauherren (Wohnungsunternehmen, Investoren, Selbstnutzer), der Bewohner (Mieter/ Selbstnutzer) sowie der Stadt zu berücksichtigen. Zudem sollten bei der Abwägung auch die möglichen Konsequenzen für die entstehenden Bauvorhaben bedacht werden (z.B. Anschlusszwang, Erfordernis von bestimmten technischen Einrichtungen). Bei der Bewertung sollten nicht nur aktuelle wirtschaftliche, sondern auch langfristige ökologische und sonstige Kriterien Berücksichtigung finden. Ergänzend zur Wirtschaftlichkeit sollten die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Versorgungsvarianten als wichtiges Kriterium einbezogen werden. Wie bereits in Kap. 3.8 beschrieben, kann eine Vielzahl weiterer Kriterien für die Bewertung von Versorgungssystemen herangezogen werden. Wenn vorhandene Fernwärme als eine Versorgungsvariante untersucht und mit anderen Systemen verglichen wird, sollte eine intensive Beschäftigung mit den verwendeten Energieträgern stattfinden. Bei einem Vergleich der Primärenergiefaktoren mit anderen Varianten sollten bei Fernwärme, die auf KWK beruht, beachtet werden, dass das verwendete Berechnungsverfahren (Stromgut-schriftverfahren) zu unrealistisch guten Werten führen kann (siehe dazu S. 76). Insbesondere sollte auch geprüft werden, ob anstatt an den Vorlauf an den Rücklauf angebunden werden kann, um die Effizienz des Gesamtsystems zu erhöhen und eine Umstellung auf geringere Netztemperaturen vorzubereiten.

Abb. 92: Themen und Anforderungen in Energiegutachten



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: ebök/ LHM 2017: 82



### Projektbeispiele

#### Freiburg im Breisgau: verpflichtende Erstellung von Energieversorgungskonzepten

Wenn im Entwurfsstadium eine erste Grobabschätzung ergibt, dass es sich lohnt, verschiedene Versorgungsvarianten zu prüfen, sind in Freiburg bei der Aufstellung von Bebauungsplänen frühzeitig Energiekonzepte zu erstellen. Im Rahmen von städtebaulichen Verträgen vereinbart die Stadt bei Bauleitplanverfahren, die zusätzliches Baurecht für größere Bauvorhaben schaffen, mit den Planungsbegünstigten, dass Energiekonzepte vorzulegen sind, die verschiedene Varianten zur Energieversorgung untersuchen. Laut Gemeinderatsbeschluss ist die Variante mit den geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen umzusetzen, sofern diese maximal 10 % teurer ist als eine vorab definierte Basisvariante. Diese Vorgehensweise ist Gegenstand baulandpolitischer Grundsätze, die vom Gemeinderat beschlossen wurden. Auf diese Weise werden in Freiburg energetische und Klimaschutzrelevante Aspekte bereits zu einem frühen Zeitpunkt in der Planung berücksichtigt. (vgl. Website Stadt Freiburg\_a; Stadt Freiburg 2009: 6 f.)

#### Freiburg: Gutleutmatten

Für das Freiburger Neubaugebiet Gutleutmatten (ca. 500 WE) wurde vorab ein innovatives Konzept für die Energieversorgung erarbeitet. Das Quartier wird mit Wärme aus einem mit Biogas betriebenen BHKW (KWK) in einer ca. 700 m entfernten Schule versorgt. Die Stadt schrieb für die Gebäude den KfW-Effizienzhaus-55-Standard sowie über eine Satzung den Anschluss und die Benutzung der Fernwärme vor. Ebenfalls wurde vertraglich vereinbart, dass die Dachflächen der Gebäude für Solarthermieanlagen bereitzustellen sind, die im Sommer die Wärmeversorgung übernehmen. Der Einsatz des Biogas-BHKW und die großflächige solarthermische Anlage führten aufgrund der zweifachen Versorgungsstruktur dazu, dass die Systeme ihre Vorteile nicht entfalten können. Das Ergebnis sind vergleichsweise hohe Kosten für die Wärme, über die sich die Bewohner seit Jahren beschweren. Es kam zu einem Streit zwischen den Bauherren und der Stadt. Das Projekt ist wegen der hohen Energiekosten bundesweit negativ in die Schlagzeilen geraten. (vgl. Lutz 2019; Website Stadt Freiburg\_b)

## Stuttgart: Keltersiedlung

Das städtische Wohnungsunternehmen SWSG entwickelt eine Fläche mit bestehenden Wohngebäuden neu. Im Zuge des Bebauungsplanverfahrens wurde im Jahr 2019 ein städtebaulicher Vertrag abgeschlossen. Darin wurde der Vorhabenträger verpflichtet, die Gebäude im KfW-Effizienzhaus-55-Standard zu errichten sowie weitere energetische Vorgaben einzuhalten. Ebenso beinhaltet der Vertrag eine Verpflichtung, dass die SWSG PV-Anlagen auf den Dachflächen durch einen externen Betreiber errichten lassen muss – sofern dies wirtschaftlich umsetzbar ist. Ebenfalls ist vertraglich geregelt, dass das Energiekonzept vor Einreichung des Bauantrags mit dem Amt für Umweltschutz abzustimmen ist. (vgl. Landeshauptstadt Stuttgart/ SWSG 2019)

## Heidelberg: Energiekonzeption 2010

Die Energiekonzeption 2010 der Stadt Heidelberg sieht vor, dass im Rahmen von städtebaulichen Maßnahmen Energiekonzepte erstellt werden. Solche vorhabenbezogenen Energiekonzepte sollen integraler Bestandteil des Umweltberichts zu einem Bebauungsplan sein (vgl. Stadt Heidelberg 2010: 10). In einer Studie des Difu (2017: 21), in der die aktuelle Situation in Heidelberg untersucht wurde, wird darauf hingewiesen, dass dies in der Praxis aber noch nicht im Regelfall angewendet wird.

## Berlin: Energiegrundkonzeptionen für drei Baugebiete in Pankow

Im Jahr 2018 erstellte die Berliner Energieagentur eine Energiegrundkonzeption für drei geplante, große Baugebiete in Berlin-Pankow. Für die Bauflächen wurden in einem frühen Stadium Varianten zur Versorgung mit Strom, Wärme, Kälte und Elektromobilität erarbeitet, die hinsichtlich ökologischer, ökonomischer und städtebaulicher Kriterien bewertet wurden. Im Ergebnis wurden Handlungsempfehlungen für die weiteren Planungen gegeben. In dem Gutachten wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die ermittelten Kosten und Werte aufgrund des frühen Planungsstadiums nur eine Annäherung darstellen können und weitere Untersuchungen erforderlich sind. (vgl. Berliner Energieagentur GmbH 2018: 2)

## Bamberg: Förderung einer Machbarkeitsstudie

Die Machbarkeitsstudie für eine umweltfreundliche, bedarfsgerechte und zukunftssichere Quartiersversorgung des Lagarde Campus in Bamberg wurde im Rahmen des Förderprogramms Wärmenetze 4.0 mit 480.000 € vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert. (vgl. Website Stadtwerke Bamberg)

## Hannover: zero:e Park

Das Neubaugebiet besteht aus Reihenhäusern und freistehenden Einfamilienhäusern. Das Energiekonzept sieht vor, alle Gebäude im Passivhausstandard zu errichten. Die Reihenhäuser werden über ein kleines Blockheizkraftwerk mit Pellets und die freistehenden Einfamilienhäuser über Solarthermieanlagen und Wärmepumpen beheizt. Interessant ist der Ansatz, dass die Käufer der Grundstücke zum Ausgleich der verbleibenden CO<sub>2</sub>-Emissionen verpflichtet wurden, entweder PV-Module zu betreiben oder sich an einer Wasserkraftanlage in Hannover zu beteiligen. Auf diese Weise werden die Treibhausgasemissionen der Siedlung vollständig ausgeglichen. (vgl. Umweltbundesamt 2012: 68 f.)

## H1.4 Vergabeverfahren für die Energieversorgung



Um klimaschonende Versorgungslösungen und gleichzeitig geeignete Akteure für deren Umsetzung zu finden, besteht

– wie bereits in H1.2 erwähnt – eine mögliche Strategie darin, einen Wettbewerb für die Energieversorgung in einem Plangebiet durchzuführen. Im Rahmen eines Ver-

gabeverfahrens können sich Energiedienstleister um die Errichtung und den Betrieb des Versorgungssystems in einem neuen Baugebiet bewerben. Wie bei wichtigen städte- oder hochbaulichen Aufgaben kann auch für die Energieversorgung auf konkurrierende Verfahren zurückgegriffen werden, um unterschiedliche Lösungen für eine Problemstellung zu erhalten. Ein solcher Preis-Technologie-Wettbewerb bietet die Chance, die ökologisch und ökonomisch optimale Lösung für die Versorgung eines Quartiers zu finden. In der Ausschreibung können verschiedene Anforderungen wie Obergrenzen für die Treibhausgasemissionen oder den Wärmepreis vorgegeben werden, die die eingereichten Versorgungssysteme einhalten müssen. Diese Vorgaben und weitere Grundlagen können im Anschluss in Verträgen mit dem Versorgungsunternehmen festgeschrieben werden. Gegenstand eines solchen Wettbewerbs sollte nicht nur die Versorgung mit Wärme, sondern auch die Bereitstellung von Strom sowohl für Haushalte als auch für Elektromobilität sein. Die Ausschreibung sollte systemoffen erfolgen, damit Anbieter frei entscheiden können, mit welchen Versorgungstechniken die technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Qualitätskriterien eingehalten werden können. Durch solche konkurrierenden Verfahren besteht die Möglichkeit, niedrige Wärmebezugskosten für den Kunden bei gleichzeitig hohen ökologischen Standards zu erreichen. (vgl. IHK Berlin/ Megawatt Ingenieurgesellschaft für Wärme- und Energietechnik mbH 2015: 29)

Da wegen Marktumbrüchen viele Energieversorger neue Absatzmärkte und Geschäftsmodelle suchen und mittlerweile auch viele kleine Unternehmen in dieser Branche tätig sind, kann von ausreichendem Interesse an solchen Wettbewerben ausgegangen werden. Vom Ablauf her könnte zuerst ein städtebaulicher Wettbewerb und dann auf Grundlage des Siegerentwurfs ein Wettbewerb für die Energieversorgung durchgeführt werden. Durch die Konkurrenzsituation kann davon ausgegangen werden, dass Bewerber in hohem Maße energie- und kosteneffiziente Systeme erarbeiten. Je nach Eigentumsverhältnissen kann entweder die Stadt oder der private Grundstückseigentümer (z.B. Verpflichtung durch städtebaulichen Vertrag) ein solches Verfahren durchführen. Wenn sich die Flächen im Eigentum der Stadt befinden, ist zu beachten, dass in der Regel europaweite Ausschreibungen erforderlich sind. Da es sich dabei um komplexe Verfahren handelt, ist es ratsam auf Unterstützung Dritter (v.a. Juristen, Ingenieure) zurückzugreifen, die die gesetzeskonforme Ausschreibung, Durchführung und Vorprüfung des Wettbewerbs begleiten oder übernehmen.

Zusammenfassende Informationen zur Vorgehensweise und weitere Hinweise für die Umsetzung solcher konkurrierender Verfahren lassen sich in dem Kurzgutachten „Wettbewerb im Wärmemarkt“ im Auftrag der IHK Berlin aus dem Jahr 2015 finden. Darin wurden unter anderem abgeschlossene Vergabeverfahren aus Hamburg aus-

gewertet mit dem Ergebnis, dass Preise, die im Zuge solcher Verfahren entstehen, meist unter dem allgemeinen Fernwärmepreis lagen, während gleichzeitig eine bessere ökologische Qualität erreicht wird. (vgl. IHK Berlin/ Megawatt Ingenieurgesellschaft für Wärme- und Energietechnik mbH 2015)



## Projektbeispiele

### Hamburg: HafenCity

Die HafenCity Hamburg GmbH hat für den westlichen und östlichen Teil des Entwicklungsgebiets ein europaweites offenes Wettbewerbsverfahren für die Wärmeversorgung durchgeführt. Ohne Vorgaben zur Technik wurden hohe Anforderungen an die Erfüllung von Umweltschutzkriterien gestellt. Den Zuschlag in dem Vergabeverfahren erhielt Vattenfall für ein Energiekonzept mit einer Fernwärmeversorgung. (vgl. Vattenfall o.J.: 2; Website HafenCity Ost)

### Hamburg: Jenfelder Au

Beim Projekt Jenfelder Au (ca. 600-700 Wohneinheiten) führte die Stadt Hamburg eine Ausschreibungsverfahren durch, um mit Hilfe eines Contractingmodells eine möglichst ressourcenschonende Energieversorgung realisieren zu können. Gegenstand der Ausschreibung war eine sog. Dienstleistungskonzession über die Errichtung der Wärmeversorgungsanlagen und die Vollversorgung des Gebiets mit Wärme. Die Stadt Hamburg schloss mit dem Versorgungsunternehmen, das den Zuschlag erhielt, einen Rahmenvertrag (2012/2013) zur Wärmeversorgung ab, in dem die Grundlagen der Wärmeversorgung verbindlich festgeschrieben wurden. Regelungsinhalte sind beispielsweise die Einhaltung einer bestimmten CO<sub>2</sub>-Obergrenze und die Vorgabe, dass Grundstückskaufverträge nur abgeschlossen werden, wenn der Käufer einen Wärmeliefervertrag abschließt. Der Rahmenvertrag wurde auch Gegenstand der Grundstückskaufverträge. (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg/ Getec AG 2012: 1-9; Freie und Hansestadt Hamburg 2012: 12)

### Hannover: Kronsberg

Für die Nahwärmeversorgung sowohl des Neubau- als auch des Bestandsgebiets in Kronsberg führte die Stadt 2018 ein europaweites Vergabeverfahren durch. Der Primärenergiefaktor von 0,4 musste dabei von allen Bietern eingehalten werden. Als wichtigstes Bewertungskriterium für die Vergabe wurde die Preisgünstigkeit festgelegt. Im Vorfeld der Ausschreibung hat die Stadtverwaltung eine Machbarkeitsstudie mit verschiedenen Wärmeversorgungskonzepten erarbeiten lassen und in einem transparenten Verfahren die Ergebnisse und die weitere Vorgehensweise mit den Investoren abgestimmt. (vgl. Landeshauptstadt Hannover 2017: 1-5; Landeshauptstadt Hannover 2018a: 1 f.)

### Ladenburg: Nordstadt

In Ladenburg (ca. 11.600 Einwohner) wurde im Rahmen der Entwicklung des Baugebiets Nordstadt/ Kurzgewann (ca. 7,5 ha, erste Gebäude 2020 bezugsfertig) zunächst ein energetisches Machbarkeitskonzept erarbeitet. Die Untersuchung zeigte, dass wegen der hohen Bebauungsdichte eine zentrale Nahwärmelösung mit Heizzentrale technisch und wirtschaftlich umsetzbar ist. Daraufhin beschloss der Gemeinderat 2017 ein solches Versorgungskonzept in dem Neubaugebiet zu realisieren. Um das quartiersbezogene Konzept umsetzen zu können, führte die Stadt eine europaweite, systemoffene Ausschreibung der Wärmeversorgung als Wärmeliefercontracting durch (Verhandlungsverfahren mit Teilnahmewettbewerb). Im Zuge der Erschließung verlegte die Stadt die Hauptleitungen des Nahwärmenetzes, das in kommunalem Eigentum verbleibt und dem Betreiber lediglich überlassen wird. Ausgeschrieben wurden daher nur die Errichtung und der Betrieb einer Heizzentrale, die Übernahme des Nahwärmenetzes und die Versorgung der Gebäude mit Wärme über eine Laufzeit von 240 Monaten. Für die Ausschreibung und Prüfung beauftragte die Stadt ein Energieberatungsunternehmen. Bei der Entscheidung wurde das Kriterium Preis mit 75 % und das Kriterium Umweltschutz mit 25 % bewertet. Insgesamt

gaben zehn Interessenten ein Angebot ab, mit denen anschließend Bietergespräche geführt wurden. Letztendlich legten im Dezember 2018 neun Bieter verbindliche Schlussangebote vor. Die Entscheidung fiel auf ein gasbetriebenes BHKW, dessen Strom in das öffentliche Netz eingespeist wird. Die Stadt Ladenburg wird zudem eine Satzung zum Anschluss an die Nahwärmeversorgung erlassen. (vgl. Sturm 2019; Stadt Ladenburg 2018a; Stadt Ladenburg 2018b)

### Berlin: Lichterfelde Süd/ Neulichterfelde

Seit 2012 arbeitet ein Projektentwickler (Groth Gruppe) an der Entwicklung einer rund 40 ha großen Fläche, auf der etwa 2.500 Wohnungen entstehen sollen. Im Jahr 2018 wurde ein Innovationswettbewerb für die Energie- und Mobilitätsversorgung des neuen Baugebiets durchgeführt. Das Energieunternehmen Naturstrom konnte den Wettbewerb für sich entscheiden. Die Besonderheit liegt darin, dass die Energieversorgung eng mit dem Thema Mobilität verzahnt wurde. (vgl. Website Lichterfelde\_Sued; Website Euwid; Website Stadt Berlin; Website Naturstrom\_Lichterfelde)

## H1.5 Akteure für die Umsetzung der Energieversorgung



Wenn ein Energieversorgungssystem auf Quartiersebene realisiert werden soll, ist ein Akteur für die Errichtung und den Betrieb der technischen Anlagen erforderlich.

Insbesondere wenn Städte im Eigentum der Flächen sind, kann ihnen die Aufgabe zukommen, geeignete Akteure für die Umsetzung zu finden. Neben lokalen Energieversorgern kommen dafür auch bundesweit tätige Versorgungsunternehmen infrage, die auf der Suche nach neuen Einnahmequellen und Geschäftsfeldern sind. Wie bereits in Handlungsoption H1.4 erläutert besteht auch die Möglichkeit, einen Wettbewerb durchzuführen, um zugleich sowohl ein innovatives Energiekonzept als auch ein Unternehmen für die Umsetzung zu finden. Denkbar ist es auch, ein Unternehmen für die Energieversorgung zu gründen, an dem sich unter Umständen verschiedene Energieunternehmen beteiligen (siehe Projektbeispiel in Hanau). Im Idealfall werden alle Aufgaben im Bereich der technischen Infrastruktur und Versorgung von einem Anbieter übernommen (z.B. Errichtung des Wärmenetzes und der technischen Anlagen, IKT, Telekommunikation, Smart Grid, Mobilität).

Städte können bei der Energieversorgung auch den weit verbreiteten Wunsch von Bürgern nach Beteiligungsmöglichkeiten aufgreifen. Davon zeugen z.B. die vielen Energiegenossenschaften, die in den letzten Jahren gegründet wurden. Für Städte könnte es sich daher lohnen, zu prüfen, wie Bewohner oder Bürger an der Energieversorgung beteiligt werden können. Stadtverwaltungen können versuchen, den Aufbau solcher Organisationen anzuregen und zu unterstützen oder bestehende Organisationen für die Umsetzung von neuen Projekten im Baugebiet zu gewinnen. Durch die Beteiligung hätten die Bewohner bzw. Bürger Einflussmöglichkeiten auf die Kosten, auf Entscheidungen und auf die Ausgestaltung der Energieversorgung.



## Projektbeispiele

### Hanau: Pioneer-Park

Auf der ehemaligen Pioneer-Kaserne soll ein Wohngebiet für bis zu 5.000 Menschen entstehen. Dabei sollen innovative Konzepte bei der Versorgung mit Wärme und Strom sowie bei der Mobilität und Breitbandversorgung umgesetzt werden. Da dies auf Wunsch der Stadt möglichst aus einer Hand entwickelt werden soll, hat der Magistrat im Jahr 2018 die Gründung eines neuen Unternehmens auf den Weg gebracht: die „PionierWerk GmbH“. Dabei handelt es sich um ein Tochterunternehmen der Stadtwerke Hanau, an dem in einem späteren Schritt die GETEC Wärme & Effizienz GmbH beteiligt werden soll. Die Gründung eines eigenen Unternehmens wurde erforderlich, da Ressourcen und Kompetenzen der Stadtwerke Hanau nicht ausgereicht hätten, um das große und komplexe Projekt unter dem hohen Zeitdruck umzusetzen. (vgl. Website Stadt Hanau; Website op\_online; Website ZFK)

### Esslingen: Neue Weststadt

In der Neuen Weststadt in Esslingen wird derzeit ein klimaneutrales Stadtquartier errichtet. Im Quartierszentrum entsteht eine Energie- und Technikzentrale mit einem Elektrolyseur, der überschüssigen Strom aus erneuerbarer Erzeugung in Wasserstoff umwandelt. Für die Finanzierung, Errichtung und den Betrieb der Energie- und Technikzentrale wurde im März 2019 eigens die Green Hydrogen Esslingen GmbH gegründet. Teilhaber sind die Stadtwerke Esslingen GmbH (SWE), die Polarstern Erzeugungs GmbH sowie Prof. Dr. Fisch. Der Gemeinderat hat der Gründung und der Beteiligung der Stadtwerke im Februar 2019 zugestimmt. (siehe Literatur zur Projektanalyse in Kap. 4 und S. 91 f.)

## H1.6 Verpflichtung zum Anschluss an ein Wärmenetz



Wenn in einem neuen Bau-  
gebiet ein quartiersbezogenes  
Wärmenetz errichtet werden  
soll, können Städte die Um-

setzung durch Vorschriften unterstützen, nach denen alle Gebäude im Versorgungsgebiet daran angeschlossen werden müssen. In der Praxis werden Anschluss- und Benutzungszwänge zum Teil aber kritisch gesehen und viele Städte greifen nicht darauf zurück. Die Verpflichtungen erhöhen durch eine optimale Auslastung des Netzes die Investitionssicherheit für den Wärmenetzbetreiber und sollten sich somit auch positiv auf die Wärmepreise auswirken. Allerdings bringt die Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwangs auch eine Monopolstellung mit sich, die bei Missbrauch zu erhöhten Preisen führen kann. Das Bundeskartellamt hat in einer Untersuchung im Jahr 2012 festgestellt, dass die Wärmepreise in Gebieten mit Anschluss- und Benutzungszwang trotz der erheblichen wirtschaftlichen Vorteile infolge der großen Abnahme überdurchschnittlich hoch sind. Es besteht somit die Gefahr, dass Anbieter den fehlenden Wettbewerb mit anderen Heizsystemen für hohe Preise nutzen. Die Vorteile von Anschluss- und Benutzungsgelöben kommen daher nur dann zum Tragen, wenn gleichzeitig sichergestellt wird, dass die Effizienzgewinne ausgeschöpft und dem Wärmekunden weitergegeben werden. Wenn ein Anschluss- und Benutzungszwang durchgesetzt wird, sollten im Vorfeld

die Kosten für den Endnutzer im Hinblick auf die Sozialverträglichkeit und Akzeptanz untersucht werden. Ohne Anschluss- und Benutzungszwang sind Anbieter eher dazu gezwungen, ihr Angebot attraktiv und konkurrenzfähig zu gestalten, um ausreichend Abnehmer für ihre Wärme zu finden. (vgl. Bundeskartellamt 2012: 43-49)

Da es für die Umsetzung quartierszogener Konzepte von großer Bedeutung ist, werden im Folgenden die verschiedenen Möglichkeiten für Anschluss- und Benutzungszwänge erläutert, die grundsätzlich auch miteinander kombiniert werden können. Die Verpflichtungen können mit Hilfe des öffentlichen Rechts oder des Privatrechts begründet werden.

### Kommunale Satzungen

Städte können per Satzung festlegen, dass in bestimmten Gebieten jedes Grundstück an ein Wärmenetz angeschlossen werden muss. Üblicherweise wird die Verpflichtung zum Anschluss mit der Verpflichtung zur Benutzung verbunden (Anschluss- und Benutzungszwang); oft wird zudem die Errichtung und Nutzung von anderen Wärmeversorgungsanlagen untersagt. Die Rechtsgrundlagen für die Festsetzung eines Anschluss- und Benutzungszwangs finden sich in den Gemeinde- bzw. Kommunalordnungen der Bundesländer, zum Teil auch in umweltrechtlichen Vorschriften der Länder. Zum Beispiel bestimmt § 11 GemO in Baden-Württemberg, dass die Gemeinde bei öffentlichem Bedürfnis durch Satzung für die Grundstücke ihres Gebiets den Anschluss an die Versorgung mit Nah- und Fernwärme und die Benutzung dieser Einrichtungen vorschreiben kann. Die Satzung kann auch bestimmte Ausnahmen von diesen Verpflichtungen zulassen.

Vor dem Erlass eines Anschluss- und Benutzungszwangs an ein Wärmenetz sollte die Kommune die Vor- und Nachteile genau abwägen. Ein Anschluss- und Benutzungszwang und die damit einhergehende Vorgabe einer bestimmten Beheizungsart berühren die Grundrechte der jeweiligen Grundstückseigentümer. In der Regel wird daher das Bestehen eines (dringenden) „öffentlichen Bedürfnisses“ vorausgesetzt. Beim öffentlichen Bedürfnis handelt es sich um einen unbestimmten Rechtsbegriff. Er wird so interpretiert, dass nach objektiven Maßstäben die Lebensqualität der Einwohner einer Gemeinde gefördert werden muss (vgl. Bundeskartellamt 2012: 46). Mit dem Erlass des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EE-WärmeG) 2009 hat der Bundesgesetzgeber klargestellt, dass ein kommunaler Anschluss- und Benutzungszwang auch aus Klimaschutzgründen erlassen werden kann. § 16 EEWärmeG besagt, dass Gemeinden „von einer Bestimmung nach Landesrecht, die sie zur Begründung eines Anschluss- und Benutzungszwangs an ein Netz der öffentlichen Fernwärme- oder Fernkältenutzung ermächtigt, auch zum Zweck des Klima- und Ressourcenschutzes Gebrauch machen“ können. Liegen Satzungen mit Anschluss- und Benutzungszwang vor, sind sie nachricht-

lich in den Bebauungsplan zu übernehmen (§ 9 Abs. 6 BauGB). (vgl. Schrödter 2015: 613 f.)

### Dienstbarkeiten im Grundbuch

Eine Verpflichtung zum Bezug von Fernwärme kann auch durch eine entsprechende Dienstbarkeit im Grundbuch durchgesetzt werden. Beispielsweise kann der Erwerber eines Grundstücks durch den Kaufvertrag verpflichtet werden, Fernwärme eines bestimmten Versorgers bzw. aus einer bestimmten Wärmequelle abzunehmen. Eine kaufvertraglich vereinbarte Anschluss- und Nutzungsverpflichtung kann durch eine beschränkte persönliche Dienstbarkeit nach § 1090 Abs. 1 BGB im Grundbuch gesichert werden, so dass sie dauerhaft für jeden Grundstückseigentümer gilt. Inhalt einer solchen Dienstbarkeit ist in der Regel die Duldung des Anschlusses an die Wärmeerzeugungsanlage in Verbindung mit einem Recht des Anlagenbetreibers, Leitungen zu verlegen, sowie das Unterlassen der Errichtung und des Betriebs sonstiger Heizungsanlagen. Eine unmittelbare Abnahme- oder Bezugspflicht kann dagegen nicht Gegenstand der Dienstbarkeit sein. Die Eigentümer oder andere Benutzer des Grundstücks sind auf den Bezug der Fernwärme vielmehr faktisch angewiesen, um ihre Räumlichkeiten zu beheizen. Die gleichen Ergebnisse können auch über eine Grunddienstbarkeit nach § 1018 BGB erreicht werden. Gegenüber der Grunddienstbarkeit unterscheidet sich die beschränkte persönliche Dienstbarkeit v.a. darin, dass sie nicht zugunsten des Eigentümers eines anderen (herrschenden) Grundstücks eingeräumt werden muss, sondern eine bestimmte (juristische) Person begünstigt. (vgl. Bundeskartellamt 2012: 47)

### Städtebaulicher Vertrag

Ein Anschluss- und Benutzungszwang an ein Wärmenetz kann auch über entsprechende Regelungen in einem städtebaulichen Vertrag gemäß § 11 BauGB umgesetzt werden (siehe dazu S. 23). Beispielsweise kann ein Projektentwickler verpflichtet werden, in den künftigen Grundstückskaufverträgen entsprechende Regelungen und Sicherungen im Grundbuch aufzunehmen.

### Bebauungsplan

In einem Bebauungsplan kann kein unmittelbarer Anschluss- und Benutzungszwang an ein Wärmenetz durchgesetzt werden. Unter ganz bestimmten Voraussetzungen besteht die Möglichkeit, indirekt über § 9 Abs. 1 Nr. 23 a BauGB eine Art der Beheizung dadurch vorzuschreiben, dass alle anderen Beheizungsarten verboten werden (siehe S. 21). § 9 Abs. 1 Nr. 23 a BauGB besagt, dass aus städtebaulichen Gründen Gebiete festgesetzt werden können, in denen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des BImSchG bestimmte luftverunreinigende Stoffe nicht oder nur beschränkt verwendet werden können. Wenn ein hinreichender städtebaulicher Anlass besteht, sind damit Städte berechtigt,

durch planungsrechtliche Festsetzungen vermeidbare Luftbelastungen zu minimieren. Verbote von Heizungsanlagen sind aber nur in lufthygienisch vorbelasteten Situationen möglich und müssen einen konkreten örtlichen Bezug aufweisen. Festsetzungen nach § 9 Abs. 1 Nr. 23 a BauGB dürfen beispielsweise nicht getroffen werden, um die Wirtschaftlichkeit von Versorgungsnetzen zu verbessern oder allgemeine umweltschützende Zielsetzungen umzusetzen (vgl. Bothe 2018: 173 f.).



### Projektbeispiel

#### Tübingen: Fernwärmesatzung für den „Güterbahnhof“

Die Aurelis Real Estate GmbH erarbeitete gemeinsam mit der Stadt Tübingen ein Nachnutzungskonzept für die Flächen des alten Güterbahnhofs. Auf ca. 10 ha entstand ein vielfältiges Stadtquartier. Die Grundstücke wurden teilweise im Block und teilweise kleinteilig an Baugruppen veräußert. Im Jahr 2014 erließ die Stadt eine Fernwärmesatzung für das Baugebiet, die sämtliche Eigentümer zum Anschluss und Benutzung der Fernwärme verpflichtet. In der Satzung ist geregelt, dass keine anderen Wärmeversorgungsanlagen auf den Grundstücken errichtet werden dürfen. (vgl. Universitätsstadt Tübingen 2014)

## H1.7 Förderungen und sonstige Unterstützungsleistungen



Wie bereits in Handlungsfeld 0 erwähnt, können wegen der oft mangelnden Wirtschaftlichkeit Förderungen für die Errichtung

von klimaschonenden Energieversorgungssystemen eine wichtige Rolle spielen. Auf der einen Seite können Städte oder sonstige Akteure für die Erarbeitung und Umsetzung von Energiekonzepten Fördermittel in Anspruch nehmen, auf der anderen Seite können Städte auch selber kommunale Förderungen für besondere Maßnahmen auf der Gebäudeebene anbieten. Im Falle der Inanspruchnahme von öffentlichen Fördermitteln sollten frühzeitig die Förderbedingungen geprüft und für die Antragstellung ausreichend Zeit eingeplant werden. Im energetischen Bereich bieten insbesondere die KfW-Bank sowie das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) Förderprogramme an.

Aber nicht nur monetäre Mittel können die Entstehung von Projekten mit besonderen Energiekonzepten unterstützen, sondern auch beispielsweise die Teilnahme an Forschungsprojekten und Kooperationen mit Hochschulen. Die im Rahmen von i\_city durchgeführte Auswertung von Projekten zeigte, dass an vielen innovativen Vorhaben Hochschulen mit Forschungsprojekten beteiligt waren. Darüber hinaus haben Städte die Möglichkeit, die Entstehung von klimafreundlichen Gebäuden dadurch zu unterstützen, dass Bauherren Beratungsdienstleistungen oder Informationen angeboten werden.



## Projektbeispiele

### Rettenbach am Auerberg: Solarrabatt

Die Gemeinde entwickelte ein Rabattmodell auf den Kaufpreis von Baugrundstücken, um den Ausbau von Solaranlagen zu beschleunigen. Jedem Grundstückskäufer, der innerhalb von drei Jahren nach Fertigstellung des Rohbaus eine Photovoltaik- oder Solarthermieanlage installiert, wird ein Rabatt von 5 €/m<sup>2</sup> Grundstücksfläche gewährt. Dieser wurde zuvor auf den Kaufpreis aufgeschlagen. Alternativ kann auch ein nachträglicher Aufschlag von 5 €/m<sup>2</sup> Grundstücksfläche vereinbart werden, wenn nach drei Jahren noch keine Anlage errichtet wurde. Das senkt die nominalen Grundstückskosten und erspart dem Käufer damit einen Teil der Grunderwerbssteuer. (vgl. Website Solarthemen)

### Marktobendorf: Rückerstattung eines Teils des Grundstückskaufpreises

Die Stadt Marktobendorf (Ostallgäu, ca. 18.500 Einwohner) erhebt beim Verkauf von Grundstücken in einigen kommunalen Baugebieten einen sog. Energieaufschlag von 15 €/m<sup>2</sup>. Für besonders klimaschonende und energieeffiziente Gebäude werden anschließend Punkte vergeben. Punkte gibt es in den Bereichen verdichtetes Bauen, Wärmedämmung und Lüftungsanlagen, Heizsystem sowie für weitere Maßnahmen wie PV-Anlagen oder Dachbegrünung. Für jeden Punkt werden den Bauherren 0,90 €/m<sup>2</sup> des Energieaufschlags zurückerstattet, ab 23 erreichten Punkten wird ein zusätzlicher pauschaler Bonus von 1.000 € vergütet. (vgl. Website Marktobendorf)

## Weitere kommunale Handlungsoptionen im Überblick

- Vorgabe von Mindestenergiestandard für Gebäude > siehe Handlungsfeld 3
- LED-Straßenbeleuchtung zur Einsparung von Strom
- Verwendung besonderer Materialien im Freiraum: z.B. Solarwege (Nutzung der öffentlichen Flächen für Energiegewinnung)
- Smart-Grid-Lösungen: Aufbau eines intelligenten Stromnetzes vorantreiben bzw. fordern
- Inszenierung bzw. Sichtbarmachung von besonderen Energiekonzepten (z.B. Energiebunker in Hamburg)
- strategische Ansiedlung von Nutzungen mit Synergieeffekten: gezielte Unterbringung von Nutzungen mit Abwärme, die in ein Wärmenetz eingespeist werden kann

## 6.4 HANDLUNGSFELD 2: STÄDTEBAU/ FREIRAUM

Wenn neue Baugebiete möglichst CO<sub>2</sub>-arm entwickelt werden sollen, kommt dem Städtebau und der Freiraumgestaltung große Bedeutung zu. Aspekte des Klimaschutzes, aber auch der Anpassung an die bereits eingetretenen Folgen des Klimawandels sollten frühzeitig in den städtebaulichen Planungen berücksichtigt werden. Durch ent-

sprechende Maßnahmen können ideale Voraussetzungen für die Entstehung einer klimaschonenden Bebauung geschaffen werden. Für die Um- und Durchsetzung stehen Städten verschiedene Instrumente zur Verfügung.

## H2.1 Optimierung des Städtebaus

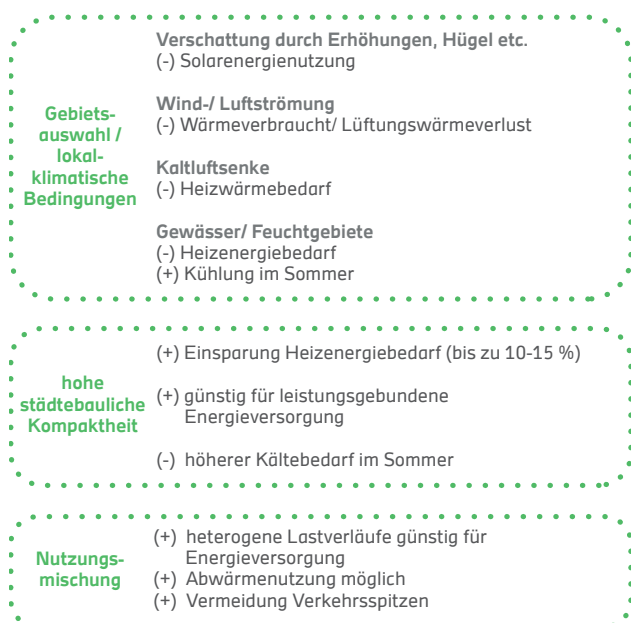


Die städtebauliche Konfiguration kann in vielfältiger Weise den Energiebedarf einer Bebauung beeinflussen. Zielführend ist es

daher, nicht erst bei der Energieversorgung, sondern bereits bei der Bebauungsstruktur anzusetzen, um optimale bauliche Rahmenbedingungen für ein klimafreundliches Quartier zu schaffen. Zu den wichtigsten Aspekten bei der Planung zählen:

- Kompaktheit und Geometrie der Baukörper (Minimierung der wärmeübertragenden Gebäudehülle)
- hohe Bebauungsdichte (ggf. Überschreitung des Maß der baulichen Nutzung gemäß BauNVO)
- Anordnung und Orientierung der Baukörper (Ausrichtung von Fassaden, Fensterflächen zur Sonne, Vermeidung gegenseitiger Verschattung)
- Dachformen und -ausrichtung (Optimierung für Errichtung von Solaranlagen)
- Standorte für Bäume (Vermeidung von Verschattungen)
- Nutzungsmischung und Festlegung der Art der baulichen Nutzung (Stadt der kurzen Wege, heterogene Lastverläufe bei Energieversorgung, ggf. Nutzung von Abwärme)

Abb. 93: stadtplanerische Einflussgrößen auf den Energieverbrauch - Gebietsebene



Quelle: eigene Darstellung

Städte sollten bei der Entwicklung des städtebaulichen Entwurfs für ein Plangebiet darauf achten, dass sowohl im Hinblick auf das Thema Energie, als auch auf das Thema Verkehr/ Mobilität Strukturen entstehen, die einen möglichst geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß zur Folge haben. Grundsätzlich sind eine hohe städtebauliche Dichte und Kompaktheit der geplanten Bebauung vorteilhaft. Dichte Bebauungen werden zwar meist in der Bürgerschaft kritisch gesehen, haben aber vielfältige Vorteile im Hinblick auf den Klima- und Umweltschutz. Dadurch kann der Flächenverbrauch reduziert und die Tragfähigkeit von Wohnfolgeeinrichtungen (z.B. Nahversorgung), ÖPNV-Angeboten und ggf. Wärmenetzen verbessert werden. Durch solare und energetische Optimierungen der Baustruktur kann der Heizwärmebedarf einer Bebauung gesenkt werden. Grundsätzlich tragen geschlossene, dichte und kompakte Bauweisen (z.B. Blockrand) zu einer Reduzierung von Außenflächen und somit zu einem günstigen A/V-Verhältnis bei. Je kleiner das A/V-Verhältnis (wärmeübertragende Gebäudehülle zu Gebäudevolumen), desto weniger Wärme verliert ein Gebäude bei gleichem Dämmstandard bezogen auf die Nutzfläche. Zudem sind kompakte Gebäude nicht nur hinsichtlich der Heizenergiekosten, sondern wegen der geringen Außenhüllfläche bezogen auf das Volumen auch hinsichtlich der Baukosten günstiger als solche mit einem hohem A/V-Verhältnis. Beim A/V-Verhältnis können folgende Grundsätze berücksichtigt werden:

- Mit steigender Geschosshöhe wird das A/V-Verhältnis vorteilhafter. Mit drei bis fünf Geschossen lässt sich in der Regel ein günstiges A/V-Verhältnis erreichen, darüber hinaus lassen sich meist keine wesentlichen Verbesserungen erzielen.
- Das A/V-Verhältnis nimmt mit zunehmender Länge der Baukörper ab. Ab einer gewissen Länge lassen sich keine deutlichen Verbesserungen mehr erreichen.
- Große Baukörperhöhen verbessern das A/V-Verhältnis, sind aber durch die Notwendigkeit zur natürlichen Belichtung und Belüftung begrenzt.
- Zergliederungen von Baukörpern beispielsweise durch Erker, Loggien oder Gebäudeversätze führen zu einer Verringerung der Kompaktheit und somit zu einer Erhöhung des A/V-Verhältnisses.

Zusammenfassend sollte auf möglichst wenig Baufläche möglichst viel beheizte Nutzfläche entstehen, die wiederum von möglichst wenig wärmeübertragenden Außenwänden umschlossen wird. Bei allen energetischen Optimierungen sollte immer auch geprüft werden, ob die Konsequenzen auf die Qualität des Städtebaus und das Erscheinungsbild des Wohnungsbaus vertretbar sind. Wenn das Ziel verfolgt wird, ein möglichst klimaschonendes Baugebiet zu entwickeln, sollten Bebauungsstrukturen mit Einfamilienhäusern – insbesondere in freistehender Form – ausscheiden. Die im Forschungsprojekt durch-

geführte Recherche nach Quartieren mit besonderen Energie- und Klimaschutzkonzepten zeigte, dass dabei auffallend viele Vorhaben mit Einfamilienhäusern zu finden sind. Hohe energetische Anforderungen lassen sich mit Einfamilienhäusern deutlich einfacher realisieren als in verdichteten Baustrukturen. Die Dachflächen reichen in der Regel aus, um einen großen Teil des Stroms und des Warmwassers über Solaranlagen zu erzeugen. Da es sich bei Bauherren von Einfamilienhäusern meist um Selbstnutzer handelt, ist die Bereitschaft zu hohen Energiestandards und innovativen Versorgungssystemen meist groß, da sie direkt von den Einsparungen profitieren. Ein besonderes Augenmerk sollte beim städtebaulichen Entwurf und bei der Festlegung von Pflanzgebieten in Bebauungsplänen auf dem Standort von Bäumen liegen. Auf der einen Seite sollten für passive Solargewinne insbesondere im Winter und für den möglichen Einbau von Solarfassaden ganzjährig Verschattungen vermieden werden; auf der anderen Seite übernehmen Bäume durch ihren Schatten und ihre Verdunstung in den immer heißer werdenden Sommern wichtige Funktionen, um die Überhitzung von Quartieren zu vermeiden. Mieterstromprojekte können auch durch Maßnahmen im Bereich Städtebau unterstützt werden, indem Strukturen geschaffen werden, die die besonderen Regularien beim Aufbau eines Mieterstromnetzes berücksichtigen. Wie in Kap. 3.5.6 erläutert, dürfen bei Mieterstrommodellen Leitungen nicht den öffentlichen Straßenraum berühren, da ansonsten Konzessionsgebühren fällig werden. Je nach Baustruktur kann es sinnvoll sein, beim Zuschnitt der Bauflächen und bei der Festsetzung der öffentlichen Verkehrsfläche darauf zu achten.



### Projektbeispiele

#### Augsburg: Reese-Kaserne

Im Zuge der Entwicklung des städtebaulichen Entwurfs wurden eine Verschattungsanalyse und solarenergetische Optimierungen durchgeführt. Dabei wurden u.a. die ursprünglich geplanten rechteckigen Baustrukturen aufgelöst, da in den Innenecken Gebäudebereiche entstanden, die nur schwer hätten belichtet werden können. Die geschlossenen Baustrukturen der ursprünglichen Planung wiesen zudem eine hohe Eigenverschattung auf. Bei der Bepflanzung des Parks wurde auf die Vermeidung von Verschattung geachtet. (vgl. STMI 2010: 54 f.)

#### München: Domagkpark

Der städtebauliche und landschaftsplanerische Wettbewerb zur Funkkaserne im Jahr 2002 war das erste Verfahren in München, in dem eine solarenergetische Optimierung erfolgte. Um frühestmöglich eine Optimierung der städtebaulichen Planung zu erreichen, führte bereits beim Wettbewerb ein eigens beauftragtes Fachbüro eine solarenergetische Überprüfung durch. Im Laufe des weiteren Verfahrens wurde der Bebauungsplanentwurf nochmals solarenergetisch optimiert. Ein Gutachter begleitete das Bebauungsplanverfahren von Anfang an im Hinblick auf die solarenergetische Optimierung der Bebauung. Wesentliche Änderungsvorschläge wurden nach Abstimmung mit den städtebaulichen und landschaftsplanerischen Zielen in den Bebauungsplan übernommen (z.B. Verbreiterung der öffentlichen Verkehrsflächen, Baumarten und deren Standorte, Baukörperstellung). (vgl. Referat für Stadtplanung und Bauordnung 2007; Referat für Stadtplanung und Bauordnung 2010a)



## Weiterführende Literatur

Es gibt zahlreiche Publikationen mit ausführlichen Empfehlungen und Erläuterungen, wie ein städtebaulicher Entwurf im Hinblick auf Energieeffizienz und Klimaschutz optimiert werden kann – zum Beispiel:

In der Praxishilfe „Klimaschutz in der räumlichen Planung“ des Umweltbundesamts (2012) finden sich zahlreiche Erläuterungen zu energieeffizienten Siedlungsstrukturen und eine Checkliste für Solare Stadtplanung, die die städtebaulichen Anforderungen an die Gestaltung von Neubaugebietern zusammenfasst und Faustregeln für diverse Berechnungen enthält (Umweltbundesamt 2012: 50 ff.).

In dem von der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern im Jahr 2010 veröffentlichten Arbeitsblatt „Energie und Ortsplanung“ werden die Grundprinzipien des energieeffizienten Planens erläutert und die vielfältigen Möglichkeiten, wie städtebauliche Entwurf energetisch optimiert werden können, mit vielen Grafiken und Beispielprojekten detailliert beschrieben (vgl. STMI 2012).

In dem von der Stadt Essen erstellten „Leitfaden für eine energetisch optimierte Stadtplanung“ werden in einer Checkliste Entwurfskriterien, die bei der städtebaulichen Planung berücksichtigt werden sollten, übersichtlich zusammengefasst (vgl. Stadt Essen 2009: 12-28, 48-50).

Goretzki, Peter/ Maass, Inge 2007: Solarfibel. Städtebauliche Maßnahmen. Herausgegeben vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg.

## H2.2 Wärmenetzdienliche städtebauliche Strukturen



Wie in bereits dargestellt (siehe S. 70 ff.), haben Wärmenetze und die zentrale Erzeugung von Wärme in vielerlei Hinsicht

Vorteile für die Versorgung von Baugebieten. Da eine Grundvoraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb solcher Systeme eine ausreichende Wärmeabnahme pro Leitungsmeter ist (Wärmebedarfsdichte, siehe S. 73 f.), ist eine entsprechend hohe Bebauungsdichte erforderlich. Zu berücksichtigen sind in diesem Zusammenhang auch die Auswirkungen von anderen Handlungsoptionen. Wenn beispielsweise durch städtebauliche Optimierungen und hohe Energiestandards die Neubauten nur noch einen sehr geringen Wärmebedarf aufweisen, nimmt bei gleichbleibender Dichte die Nachfrage nach Wärme und damit die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes ab. Um eine für die Wirtschaftlichkeit ausreichende Wärmeabnahme zu erreichen, könnte die geplante Bebauung entsprechend verdichtet werden.

Um den Aufbau eines Wärmenetzes zu begünstigen, sollten die Straßen und Wege so angelegt werden, dass mit einem möglichst kurzen Leitungsnetz alle Gebäude angebunden werden können (siehe z.B. Spinelli S. 120 f.). Wenn auch Mieterstrom angeboten werden soll, kann dies dadurch unterstützt werden, zusammenhängende Baufelder mit möglichst viel Nutzfläche ohne Durchtrennung einer öffentlichen Straße zu planen, um Konzessionsgebühren zu vermeiden.

## H2.3 Maximierung von Flächen für Solaranlagen



Bei verdichteten Baustrukturen reicht – im Gegensatz zu Einfamilienhausgebieten – das Angebot an Dachflächen meist

bei Weitem nicht aus, um ausreichend Solaranlagen für die Deckung des Energiebedarfs zu errichten und somit Klimaneutralität zu erreichen. Um dennoch möglichst viel Energie vor Ort im Quartier produzieren zu können, sollte ein Höchstmaß an Dach- und Fassadenflächen für Solaranlagen aktiviert werden. Bei der Dachform sollten daher im Entwurf vor allem Flachdächer vorgesehen werden, da sie die größten Nutzungsmöglichkeiten hinsichtlich Neigung und Ausrichtung von Solaranlagen zulassen. Staffelgeschosse, Dachrandabstände und Dachgärten sollten gänzlich vermieden oder zumindest eingeschränkt werden, weil sie die potenziell nutzbaren Flächen zur Solarenergienutzung verkleinern.

Städte haben weitreichende Möglichkeiten, insbesondere über den Bebauungsplan und örtliche Bauvorschriften zu steuern, dass in einer Neubebauung möglichst viele Flächen für die Errichtung von Solaranlagen entstehen. Auf eine ausreichende städtebauliche Begründung entsprechender Festsetzungen ist im Bebauungsplan zu achten. Eine kontrovers diskutierte Frage ist in diesem Zusammenhang, ob für Dächer, die mit Solaranlagen belegt werden sollen, eine Dachbegrünung vorgeschrieben werden soll (siehe S. 44). Solaranlagen und Gründächer schließen sich zwar nicht grundsätzlich aus; die Meinungen, ob eine Kombination insbesondere ökonomisch sinnvoll ist, gehen aber weit auseinander. Damit Bauherren tatsächlich Solaranlagen errichten oder dafür Energieversorgern Flächen auf dem Gebäude zur Verfügung stellen, kann über Verpflichtungen beispielsweise in Kaufverträgen oder in städtebaulichen Verträgen geregelt werden.

## H2.4 Nutzung von Freiflächen für die Energiegewinnung



Wie von der Hochschule für das Energiekonzept auf Spinelli vorgeschlagen (siehe Kap. 5.4) kann es sich anbieten, große

Freiflächen in und um ein Plangebiet für die Gewinnung von Energie zu nutzen. Infrage kommen dafür vor allem Systeme mit Geothermie, da diese Systeme kaum in Erscheinung treten. Denkbar ist aber auch die Errichtung von oberirdischen Solaranlagen oder von Anlagen für die Nutzung von Windkraft. Wichtig ist dabei, dass es sich um Flächen handelt, die langfristig nicht bebaut werden und die eigentumsrechtlich entsprechend gesichert sind. Freiflächen können somit mehrfach genutzt werden: als



Naherholungsräume für die Bewohner, als Lebensräume für Pflanzen und Tiere, als Ausgleichsflächen und zur Gewinnung von Energie.

Die Freiflächen in einem Baugebiet können aber nicht nur für die Energiegewinnung, sondern auch für die Energieeinsparung genutzt werden. Da die Ernährung etwa 13 % des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes einer durchschnittlichen Person in Deutschland ausmacht, könnten die Freiflächen in einem Baugebiet auch für den Anbau von Nahrungsmitteln für die Selbstversorgung genutzt werden (z.B. Mieternutzgärten, urban gardening). Damit könnten im Quartier lokale Wertschöpfungsketten aufgebaut werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Anlage von Nutzgärten darüber hinaus vielfältige Vorteile für die Quartiersentwicklung hat (z.B. Erscheinungsbild, Beteiligungsmöglichkeiten, Belebung des Freiraums).

## H2.5 Mischung von Nutzungen



Gemischt genutzte Stadtquartiere haben im Vergleich zu monofunktionalen Wohngebieten viele Vorteile und

können zum Klimaschutz beitragen. Durch die Nähe verschiedener Einrichtungen zur Wohnung reduziert sich der Verkehrsaufwand der Bewohner und die Wege werden kürzer, was je nach Verkehrsmittelwahl den Ausstoß von Treibhausgasen senkt. Auch im Hinblick auf die Energieversorgung kann sich die Mischung unterschiedlicher Nutzungen positiv auswirken. Ein Mix von Wohnen, Handel, Gewerbe und sozialer Infrastruktur bewirkt eine Homogenisierung der Wärme- und Stromlasten über den Tag. Darüber hinaus kann beispielsweise bei Wärmenetzen eine Nutzung von Abwärme z.B. aus gewerblichen Kälteanlagen zur Wärmebedarfsdeckung von Wohnungen in Frage kommen. Bei der Entwicklung neuer Baugebiete bietet es sich an, Wohnungsbau mit Nutzungen zu kombinieren, die sich hinsichtlich ihrer Energiebedarfe ergänzen oder unterschiedliche Lastverläufe aufweisen. Städte können Nutzungsmischung über entsprechende Festsetzungen im Bebauungsplan vorbereiten (z.B. Festsetzung als Mischgebiet oder Urbanes Gebiet) oder durch entsprechende Vorgaben bei der Vermarktung der Grundstücke oder in städtebaulichen Verträgen direkt einfordern. Die Mischung von Nutzungen kann in einem Baugebiet auf unterschiedliche Arten erfolgen: innerhalb des Gebäudes oder nebeneinander in monofunktionalen Gebäuden. Insbesondere die Unterbringung von Nicht-Wohnnutzungen in Erdgeschossen wirkt sich zudem positiv auf das Erscheinungsbild und die Funktionsweise von Quartieren aus. Da Investoren in Wohnungsbau meist aber kein Interesse an der Schaffung von solchen Flächen haben, können Städte auch vorschreiben, dass Erdgeschosse nicht für Wohnen ge-

nutzt werden dürfen. Dies kann sowohl durch einen Bebauungsplan als auch durch einen Kaufvertrag oder einen städtebaulichen Vertrag erfolgen. Die Schaffung von Räumen reicht allerdings oft nicht aus, denn es fehlen oft Akteure (z.B. Einzelhändler, Dienstleister), die sich in neuen Baugebieten ansiedeln. Städte sollten daher auch Überlegungen anstellen, wie geeignete Akteure für die Nutzungsmischung gewonnen werden können. Dafür bieten sich beispielsweise Kooperationen mit der städtischen Wirtschaftsförderung an.



### Projektbeispiel

#### Tübingen: Alte Weberei

Die Stadt Tübingen forcierte im Konversionsgebiet „Alte Weberei“ Nutzungsmischung als Grundlage für ein lebendiges und nachhaltiges Quartier. Im Bebauungsplan wurden daher die zentralen Bereiche als Mischgebiet festgesetzt. Bei der Konzeptvergabe der Grundstücke wurden Bewerbungen mit Nutzungsmischung positiv bewertet. In einigen Grundstückskaufverträgen wurde gesichert, dass in bestimmten Bereichen des Erdgeschosses keine Wohnnutzung entstehen darf. Die Ansiedlung eines Nahversorgers erwies sich zunächst als sehr schwierig. Eine Baugruppe hatte sich mit einer solchen Nutzung beworben und dafür ein Grundstück erhalten. Nachdem der dafür vorgesehene Einzelhändler abgesprungen war und sich kein Nachnutzer finden ließ, gab es unter anderem Bemühungen, einen Genossenschaftsladen zu gründen. In Rahmen eines Testbetriebs konnte schließlich ein Lebensmittelhändler gefunden werden, der in der Lage war, die Flächen zu erwerben (Carré Markt). In die Bebauung wurden zahlreiche weitere Nutzungen wie ein Kindergarten, Second-Hand-Laden, Café und Restaurant integriert. (vgl. Universitätsstadt Tübingen 2016a; Lohr 2016)

## H2.6 Städtebauliche Wettbewerbe



Wenn neue Baugebiete entwickelt werden sollen, werden häufig städtebauliche Wettbewerbe durchgeführt, um

eine optimale Lösung für die Planungsaufgabe zu finden. Wegen der vielfältigen Auswirkungen des städtebaulichen Entwurfs auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen kann es sich anbieten, bereits in der Auslobung Anforderungen an den Klimaschutz und die Energieversorgung zu stellen. Wettbewerbe bieten weitreichende Möglichkeiten, Klimaschutzbelange frühzeitig im Planungsprozess integrieren, die Planung energetisch zu optimieren und Einsparpotenziale zu erschließen. Beispielsweise kann gefordert werden, dass Wettbewerbsteilnehmer Vorschläge zur Energieversorgung des Entwurfs erarbeiten und Verschattungsstudien durchführen. Solche Forderungen führen dazu, dass sich Wettbewerbsteilnehmer vertieft mit den entsprechenden Fragestellungen auseinandersetzen und Experten aus dem Bereich Energie beteiligen. Im Ergebnis erhalten die Auslober des Wettbewerbs energetisch optimierte Entwürfe und vielfältige Ideen, wie die Energieversorgung im Plangebiet organisiert werden

könnte. Aspekte des Klimaschutzes und insbesondere der Energieversorgung sollten bei der Vorprüfung der Wettbewerbsarbeiten genau untersucht werden und Kriterium der Bewertung sein. Im Preisgericht sollten Experten mit besonderer Kompetenz im nachhaltigen und energieeffizienten Bauen vertreten sein, die die eingereichten Arbeiten unter diesem Schwerpunkt fachlich bewerten. Bei der Entscheidung für einen Entwurf sollten energetische Belange eine wichtige Rolle spielen (z.B. solaroptimierter Städtebau). Nach dem Wettbewerb kann es sinnvoll sein, den städtebaulichen Entwurf weiter unter energetischen Gesichtspunkten zu optimieren.



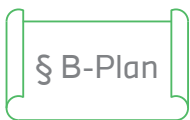
### Projektbeispiel

#### Stuttgart: städtebaulicher Wettbewerb Rosenstein

Die Stadt Stuttgart führte 2018/2019 für die ca. 85 ha große Entwicklungsfläche Rosenstein nördlich des Hauptbahnhofs einen internationalen Wettbewerb durch. In der Auslobung zum Wettbewerb war ein ökologisches Konzept unter anderem zum Thema Energie gefordert, das im Erläuterungsbericht und nach Bedarf mit konzeptionellen Skizzen dargestellt werden musste. Unter den zahlreichen Beurteilungskriterien befanden sich auch die Kriterien „klimagerechtes Quartier“, „Energieversorgung/ CO<sub>2</sub>-Neutralität“ sowie „Anpassung an den Klimawandel / Resilienz“. In der Auslobung wurde vorgegeben, dass die neue Bebauung dazu beitragen muss, das im Energiekonzept „Urbanisierung der Energiewende in Stuttgart“ formulierte Ziel einer klimaneutralen Landeshauptstadt zu erreichen. Für das Planungsgebiet sollte daher das Leitbild eines „Plusenergie-Quartiers“ entwickelt werden, in dem die künftigen Gebäude mehr Energie erzeugen, als sie verbrauchen. (vgl. Landeshauptstadt Stuttgart 2018)

Siehe auch München: Domagkpark (solarenergetische Bewertung und Optimierung der Wettbewerbsarbeiten) S. 149

## H2.7 Bebauungsplanung



Für die Realisierung neuer Baugebiete müssen Städte meist Bebauungspläne aufstellen oder ändern. Sie sind ein zentrales Instrument, um die planerischen Ziele – auch in den Bereichen Klimaschutz und Energie – verbindlich festzusetzen. Häufig wird das erforderliche Baurecht in Form von Angebotsbebauungsplänen geschaffen. Je nach Projekt und Planungsfortschritt kann es aber auch sinnvoll sein, vorhabenbezogene Bebauungspläne zu erstellen, da diese mehr Regelungsmöglichkeiten bieten. Wie in Kap. 2.2.1 erläutert müssen bei der Bauleitplanung Aspekte des Klimaschutzes zwingend berücksichtigt werden. Einige damit verbundene Möglichkeiten von Festsetzungen wurden in Kap. 2.2.1 bereits ausführlich dargelegt. Das Baugesetzbuch bietet zahlreiche Möglichkeiten, um die Entstehung von klimaschonenden Bauungen zu unterstützen und verbindlich vorzubereiten. In Bebauungsplänen können Festsetzungen getroffen werden, die entweder den Energiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen

der entstehenden Bebauung reduzieren oder die die Umsetzung von bestimmten Konzepten beispielsweise zur Energieversorgung vorbereiten. Sämtliche Festsetzungen müssen dabei ausreichend städtebaulich begründbar sein. Städte sollten die Möglichkeiten des Baugesetzbuchs für verbindliche Vorgaben nutzen. Allerdings sollte dabei auch immer bedacht werden, dass sich im Laufe der Zeit die technischen, rechtlichen oder monetären Rahmenbedingungen verändern können. Wegen der langfristigen Bindungswirkung sollten die Festsetzungen in Bebauungsplänen flexibel genug ausgelegt oder möglicherweise auf andere Instrumente wie städtebauliche oder privatrechtliche Verträge zurückgegriffen werden, um problematische Befreiungen oder aufwändige Änderungsverfahren von Bebauungsplänen zu vermeiden. Aus dem abschließenden Festsetzungskatalog von § 9 Abs. 1 BauGB können aus städtebaulichen Gründen beispielsweise die nachfolgenden Festsetzungen getroffen werden, um die Entstehung einer klimaschonenden Bebauung vorzubereiten:

Festsetzungsmöglichkeit	Auswirkung/ Ziel
Maß der baulichen Nutzung (Anzahl der Vollgeschosse, Gebäudehöhe) (§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB)	Kompaktheit der Bebauung; ausreichende Siedlungs- bzw. Wärmebedarfsdichte für leitungsgebundene Versorgung; geringe Verschattung
Art der baulichen Nutzung (§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB)	Energiebedarf der Nutzungen; Synergieeffekte zwischen den Nutzungen; Stadt der kurzen Wege/ Verkehrsmeidung durch Nutzungsmischung
Bauweise, überbaubare und nicht überbaubare Grundstücksflächen, Baugrenzen/ Baulinien, Stellung der Baukörper (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB)	Kompaktheit der Bebauung (geringes A/V-Verhältnis); optimale Orientierung (Sicherung einer Mindestbesonnung) und geringe Verschattung; Einfluss auf Erschließungsaufwand (v.a. bei leitungsgebundener Infrastruktur)
Größe, Breite und Tiefe der Baugrundstücke (§ 9 Abs. 1 Nr. 3 BauGB)	Ausrichtung der Gebäude für solare Erträge; für Wärmenetze und Mieterstrom geeignete Baufelder
Verkehrsflächen (§ 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB)	Ausrichtung auf Rad- und Fußverkehr; Einfluss auf Erschließungsaufwand v.a. bei leitungsgebundener Infrastruktur; kein Mieterstrom auf öffentlichen Verkehrsflächen
Anpflanzung und Erhaltung von Bäumen (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB)	geringe Verschattung
Versorgungsflächen, -anlagen (§ 9 Abs. 1 Nr. 12 BauGB)	Standort für zentrale Versorgungsanlagen für Fern-/ Nahwärme oder Elektrizität (über § 14 Abs. 2 BauNVO ausnahmsweise auch ohne entsprechende Festsetzung zulässig)

Festsetzungsmöglichkeit	Auswirkung/ Ziel
Führung von Versorgungsleitungen und -anlagen (§ 9 Abs. 1 Nr. 13 BauGB)	Trassen für Versorgungsleitungen für Wärmenetze bzw. für Versorgung mehrerer Gebäude; auf privaten Grundstücken Ergänzung durch Leitungsrechte
Gebiete mit eingeschränkter Verwendung von Brennstoffen (Immissionsschutz durch Verbrennungsverbot) (§ 9 Abs. 1 Nr. 23 a BauGB)	Luftreinhaltung und Verbesserung der Luftqualität; Nebeneffekt: Verbot bestimmter fossiler Energieträger (siehe S. 21)
Gebiete, in denen bestimmte bauliche und sonstige technische Maßnahmen für die Verwendung von erneuerbaren Energien getroffen werden müssen (§ 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB)	Auslegung der Gebäude auf die Nutzung von erneuerbaren Energien; Begrenzung von Emissionen auf lokaler Ebene; z.B. Festsetzung von Dachformen, Bauweise, Stellung baulicher Anlagen; detaillierte Erläuterungen siehe S. 21
von Bebauung freizuhalten Flächen und ihr Nutzungszweck (§ 9 Abs. 1 Nr. 10 BauGB)	Freihaltung von Flächen für den Einbau von Geothermieanlagen
Örtliche Bauvorschriften *	Auswirkung/ Ziel
Dachgestaltung, Fassadengestaltung	Ausrichtung der Dächer v.a. für aktive Solarnutzung, Einsatz von Solaranlagen

\* abhängig von den Satzungsermächtigungen in den jeweiligen Landesbauordnungen; gemäß § 9 Abs. 4 BauGB Aufnahme in B-Plan möglich

Quelle: eigene Darstellung

Städte haben über Bebauungspläne vielfältige Möglichkeiten, die Entstehung von energiesparenden Baustrukturen zu begünstigen. Auf eine ausreichende städtebauliche Begründung und sachgerechte Abwägung mit den sonstigen Belangen ist dabei zu achten. Bei sämtlichen Festsetzungen in Bebauungsplänen sollten auch die Konsequenzen auf den Energiebedarf der Gebäude bedacht werden. Beispielsweise können bestimmte Festsetzungen im Wohnungsbau kompakte und damit energiesparende Gebäude befördern. Wenn z.B. im Bebauungsplan geregelt wird, dass Baugrenzen oder Baulinien nicht überschritten werden dürfen, müssen für die Schaffung von privaten Freibereichen in der Regel Loggien ausgebildet werden, die durch Vor- und Rücksprünge zu einer Vergrößerung der wärmeübertragenden Außenwandflächen führen. Wenn aber im Bebauungsplan zugelassen wird, dass Gebäudeteile wie Balkone über das Maß von

untergeordneten Bauteilen hinaus Baugrenzen bzw. Baulinien überschreiten dürfen, kann die Entstehung von kompakten und damit energiesparenden Baukörpern sowie von hochwertigen privaten Freibereichen unterstützt werden.



### Projektbeispiel

#### München: Bebauungsplan für den Domagkpark

Die Landeshauptstadt München hat im Bebauungsplan Nr. 1943b für den Domagkpark eine spezielle Festsetzung getroffen, um die Schaffung von Passivhäusern zu befördern. Dazu wurde in Ziffer 6 zur baulichen Nutzung festgesetzt, dass in den allgemeinen Wohngebieten die festgesetzten Geschossflächen ausnahmsweise um bis zu fünf Prozent überschritten werden dürfen, wenn der Nachweis durch Sachverständige erbracht wird, dass hierdurch Passivhausstandard erreicht wird. Um einen Anreiz für die Errichtung von Passivhäusern zu schaffen, wurde im Bebauungsplan eine Ausnahme von der zulässigen Geschossfläche zugelassen. (vgl. Referat für Stadtplanung und Bauordnung 2010: 4, 13, 55)

## 6.5 HANDLUNGSFELD 3: GEBÄUDE

In diesem Handlungsfeld geht es um die Möglichkeiten von Städten, die Entstehung von klimaschonenden Gebäuden voranzutreiben. Die in Frage kommenden Maßnahmen hängen wie bei vielen anderen Themen in erster Linie davon ab, ob sich die Entwicklungsflächen im Eigentum der Stadt befinden oder nicht. Bei der strategischen Vorgehensweise der Stadt kann grundsätzlich unterschieden werden, ob auf Zwang oder Freiwilligkeit gesetzt werden soll. Bei allen Vorgaben, die Bauherren auf der Gebäudeebene gemacht werden, sollte geprüft werden, zu welchen Mehrkosten – gerade vor dem Hintergrund der Schaffung von bezahlbarem Wohnraum – diese möglicherweise führen.

### H3.1 Gebäudeenergiestandard



Ein wesentlicher Ansatzpunkt für die Realisierung eines klimafreundlichen Quartiers ist die Senkung des Energiebedarfs

der Gebäude. Der Wärmebedarf hängt in erster Linie von der Gebäudehülle sowie von der Haustechnik ab und kann durch kompakte Bauweisen, Wärmedämmung und die passive Nutzung von Sonnenenergie gesenkt werden. Neubauten müssen aktuell die Vorgaben der EnEV und nach dessen Inkrafttreten des Gebäudeenergiegesetzes einhalten (siehe Kap. 2.2.2). Die Meinungen und die Ergebnisse von Studien sind nicht eindeutig, ob sich ein

über die EnEV hinausgehender Gebäudeenergiestandard rechnet. In wirtschaftlicher Hinsicht besteht eine zentrale Frage darin, ob sich die Kosten für einen höheren energetischen Standard durch die in der Folge geringeren Energiekosten kompensieren lassen. Die Forderung von hohen Gebäudestandards ist kaum vermittelbar, wenn die Mehrkosten in keiner Relation zu den erzielbaren Einsparungen stehen. Im Entwurf vom Oktober 2019 für das Gebäudeenergiegesetz wurde aus wirtschaftlichen Erwägungen jedenfalls auf eine Verschärfung der bestehenden EnEV-Anforderungen verzichtet (siehe dazu auch S. 27 f.). Eine Studie, in der die finanziellen Auswirkungen der Verschärfung der EnEV im Jahr 2016 detailliert untersucht wurden, ergab beispielsweise, dass die höheren Wohnkosten, die durch die Mehrinvestitionen für die bessere Energieeffizienz entstehen, die Einsparungen bei den Energiekosten in Folge des geringeren Verbrauchs übersteigen (vgl. Müller/ Pfnür 2016). Eine andere Studie (Neitzel/ InWIS 2017) zu Baukosten und Energieeffizienz kam ebenfalls zum Ergebnis, dass der Standard der EnEV 2014 gerade noch als wirtschaftlich angesehen werden konnte und bereits bei der Verschärfung 2016 das Kriterium der Wirtschaftlichkeit nicht mehr gegeben sei (vgl. Neitzel/ InWIS 2017: 33 f.). In der Fachdiskussion über den Energiestandard gibt es aber auch Meinungen, dass ein erhöhter Wärmeschutzstandard nicht zwangsläufig zu einer unvermeidbaren Erhöhung der Baukosten führen muss. Entscheidend dafür sei aber, den Baustandard möglichst früh festzulegen, damit die beauftragten Planer gezielt – mit einem entsprechenden Kostenrahmen – darauf hinarbeiten können. Beispielsweise sei es möglich, durch Einschränkungen beim Architekturentwurf die höheren Kosten für den Wärmestandard auszugleichen (vgl. Berliner Energieagentur GmbH 2018: 139). Darüber hinaus müssen auch die in der Regel höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen und der größere Energieaufwand für die Baustoffe berücksichtigt werden, die für die Erreichung eines hohen Energiestandards verwendet werden müssen. Wie in der nachfolgenden Handlungsoption Baustoffe (H3.2) detailliert erläutert, führt ein hoher Energiestandard wegen der grauen Energie der dafür erforderlichen Baustoffe nicht zwangsläufig zu den gewünschten Einsparungen. Ziel sollte es sein, dass in einem neuen Baugebiet Gebäude mit einem möglichst hohen, aber wirtschaftlich darstellbaren Energiestandard entstehen. Städte sollten daher unter Berücksichtigung der projektspezifischen Rahmenbedingungen im Einzelfall entscheiden, ob die Forderung von erhöhten Gebäudestandards sinnvoll und darstellbar ist. Um eine solche Entscheidung fundiert treffen zu können, kann auf Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zurückgegriffen werden. Eine Untersuchung des Difu (2017: 20) unter zehn Städten zeigte in diesem Zusammenhang, dass nur drei Städte bei der Forderung nach erhöhten Energiestandards Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen durchgeführt haben.

Um einen über die gesetzlichen Vorgaben hinaus gehenden Energiestandard einzufordern, stehen Städten je nach Eigentumsverhältnissen und Umsetzungsstrategie unterschiedliche Instrumente zur Verfügung. Wenn sich es sich um städtische Flächen handelt, dann können im Grundstückskaufvertrag erhöhte Standards vorgeschrieben werden. Einige Städte verfügen über allgemeine Gemeinderatsbeschlüsse, dass bei allen Grundstücken, die von der Stadt oder einer städtischen Tochtergesellschaft veräußert werden, erhöhte Gebäudeenergiestandards einzufordern sind (z.B. Tübingen, Frankfurt am Main, Lörrach). Bei der Ausschreibung der Grundstücke für den Verkauf sollte ausdrücklich auf die erhöhten Anforderungen an den Energiestandard hingewiesen werden. Wenn sich die Entwicklungsfläche nicht im Eigentum der Stadt befindet, können Städte einen bestimmten Gebäudeenergiestandard durch einen städtebaulichen Vertrag oder einen Durchführungsvertrag im Rahmen eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans vorschreiben. Anstatt besondere Energiestandards durch Vorgaben und vertragliche Regelungen einzufordern, kann ein alternatives Instrument auch in der Konzeptvergabe von Grundstücken liegen. In der Ausschreibung wird darauf verwiesen, dass hohe Energiestandards bei den Bewerbungen vorausgesetzt oder positiv bewertet werden. So kann die Entstehung von energiesparenden Gebäuden gesteuert werden.

Wenn Städte Vorgaben zum Gebäudeenergiestandard machen, ist es auch wichtig, nach der Fertigstellung des Gebäudes die Einhaltung zu prüfen bzw. entsprechend nachweisen zu lassen. Bei Nichteinhaltung der Vorgaben können Vertragsstrafen in Betracht gezogen werden. Vorschriften für Energiestandards sollten immer auch unter Berücksichtigung der Energieversorgung der Gebäude getroffen werden. Denn wenn zum Beispiel in einem Baugebiet ein Wärmenetz aufgebaut werden soll, für dessen wirtschaftlichen Betrieb eine ausreichende Abnahme erforderlich ist, kann es kontraproduktiv sein, einen so hohen Energiestandard zu fordern (z.B. Passivhaus), dass die Wärmebedarfsdichte zu stark abnimmt. In der bereits erwähnten Befragung des Difu unter zehn Städten zeigte sich, dass erhöhte energetische Anforderungen bei den Bauherren in unterschiedlicher Weise auf Akzeptanz und Unterstützung stoßen. Wenn höhere Standards gefordert werden, wird oft Überzeugungsarbeit notwendig. Förderlich können etwa Informationsveranstaltungen oder Beratungsangebote sein (vgl. Difu 2017: 38 f.).

Auch wenn keine konkreten Vorschriften zum Energiestandard gemacht werden, kann es sich für Städte anbieten, Informations- und Beratungsangebote aufzubauen, um Bauherren bei der Entwicklung von energieeffizienten Gebäuden zu unterstützen und die freiwillige Entwicklung von energieoptimierten Gebäuden zu forcieren.



## Projektbeispiele

### Freiburg im Breisgau: Vorgaben zum Gebäudeenergiestandard

Neubauten sollen in Freiburg deutlich energieeffizienter errichtet werden, als es die EnEV (2014/16) verlangt. Nachdem die Stadt in den Stadtteilen Vauban und Rieselfeld mit der Niedrigenergiebauweise gute Erfahrungen gemacht hatte, wurde dieser 1992 eingeführte Energiestandard fortgeschrieben. Die aktuell geltenden energetischen Gebäudestandards „Freiburger Effizienzhaus 55“ (Wohnen) und „Freiburger Effizienzhaus 70“ (Büro) werden für Neubauten im städtebaulichen Vertrag oder in Grundstückskaufverträgen verbindlich vereinbart. Das Fr-EH 55 entspricht einem KfW-Effizienzhaus 55 (EnEV2014) mit einer bestimmten Luftdichtigkeit und einer kontrollierten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. (Website Stadt Freiburg\_a)

### Frankfurt am Main: Passivhausstandard auf städtischen Grundstücken

Die Stadt Frankfurt am Main fordert auf Grundlage eines entsprechenden Beschlusses seit 2007 bei Gebäuden der Stadt und von städtischen Tochterunternehmen Passivhausstandard. Ebenso wird bei der Veräußerung von Grundstücken vorgeschrieben, dass im Falle der Neubebauung Passivhausstandard realisiert werden muss. (vgl. Website Stadt Frankfurt)

### Tübingen: erhöhter Energiestandard auf städtischen Grundstücken

In Tübingen wurde ein aus dem Jahr 2010 stammender Gemeinderatsbeschluss 2016 fortgeschrieben, der beim Verkauf von städtischen Grundstücken KfW-55-Effizienzhaus-Standard für die entstehenden Gebäude fordert. Bei einer späteren Veräußerung ist diese Verpflichtung an den Rechtsnachfolger weiterzugeben. Wenn diese Vorgabe nicht eingehalten wird, wird eine Vertragsstrafe in Höhe von 6.000 € pro Wohneinheit erhoben. Städtische Tochtergesellschaften sollen analoge Beschlüsse herbeiführen. (vgl. Universitätsstadt Tübingen 2016)

### Lörrach: erhöhter Energiestandard

Die Stadt Lörrach hat für städtische Gebäude, für den Verkauf städtischer Baugrundstücke, für Hochbau- und städtebauliche Wettbewerbe sowie für städtebauliche Verträge weitreichende Energiestandards festgelegt. Wer ein städtisches Grundstück kauft, muss die Anforderungen der EnEV unterschreiten. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten. Bei Variante 1 muss die Unterschreitung beim Primärenergiebedarf mindestens 45 % gegenüber 2014 betragen (entspricht KfW-Effizienzhaus 55). Bei Variante 2 muss die Unterschreitung beim Primärenergiebedarf mindestens 30 % gegenüber 2014 betragen (entspricht KfW-Effizienzhaus 70) und es muss mit einer Photovoltaikanlage zusätzlich so viel Strom erzeugt werden, wie für die Beheizung fossile Energieträger eingesetzt werden. Zusätzlich werden an den Einsatz erneuerbarer Energien gegenüber dem EEWärmeG erhöhte Anforderungen gestellt. (vgl. Stadt Lörrach 2016)

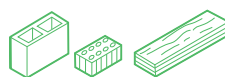
### Heidelberg: Bahnstadt

In der gesamten Bahnstadt (gesamt ca. 116 ha) in Heidelberg gilt der Passivhausstandard. Bauherren und Planer wurden vor und während der Bauphase vom städtischen Umweltamt sowie der Klimaschutz- und Energie-Beratungsagentur Heidelberg-Rhein-Neckar-Kreis beraten, damit die hohen Anforderungen an den energetischen Standard eingehalten werden können. Die Investitionen in höhere energetische Standards wurden durch ein städtisches Förderprogramm unterstützt (50 € pro m<sup>2</sup> Wohnfläche). (vgl. Website Heidelberg\_Bahnstadt, siehe auch S.94 f.)

### Lüneburg: Hanseviertel-Ost (Energieberatung)

In einem städtebaulichen Vertrag vereinbarte die Stadt Lüneburg mit dem Grundstücksentwickler des Neubaugebiets Hanseviertel-Ost, dass sich dieser an den Kosten für eine verpflichtende Energieberatung der späteren Grundstückskäufer beteiligt. Die Stadt plant, dafür einen Quartiersmanager zu engagieren. (vgl. Website LZ\_online; Website Stadt Lüneburg)

## H3.2 Baustoffe

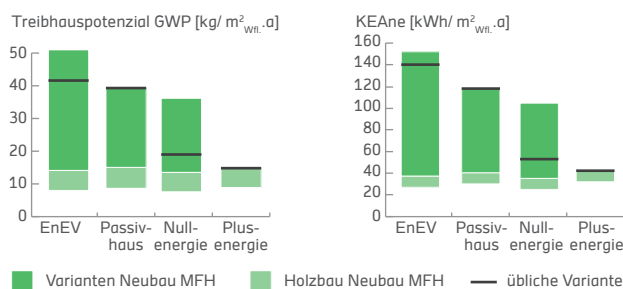


Für die Treibhausgasemissionen, die Gebäude verursachen, sind nicht nur die Art der Energieversorgung und der Energiestandard von Bedeutung, sondern auch die verwendeten Baustoffe. Über den Lebenszyklus eines Gebäudes (meist 50 Jahre) nimmt die sog. graue Energie – d.h. die Energie zur Herstellung, zum Transport und zur Entsorgung des Baustoffs – einen großen Anteil am gesamten Energiebedarf ein. In der Diskussion um die Erreichung der Klimaschutzziele liegt der Fokus allerdings bisher fast ausschließlich auf der Betriebsenergie (Gebäudestandard, Energieträger), während das Thema graue Energie eher vernachlässigt wird. Dabei nimmt mit steigendem Gebäudeenergiestandard meist auch die graue Energie der dafür erforderlichen Baustoffe zu, sodass unter Umständen die Energieeinsparungen nicht mehr den erhöhten Einsatz grauer Energie ausgleichen und damit den Aufwand rechtfertigen. In der Fachdiskussion wird daher auch die Auffassung vertreten, dass eine Verringerung der Herstellungenergie bei der Errichtung von Gebäuden zielführender ist als eine weitere, nur mit großem Aufwand zu erreichende Reduktion des Energieverbrauchs. Zu dieser Themenstellung hat das BBSR im Jahr 2019 eine Studie veröffentlicht, die sich mit der Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht und bei Förderungen beschäftigt. Darin werden ausführlich die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Gebäudeenergiestandards und der grauen Energie von Gebäuden untersucht. Für die Bemessung der grauen Energie wurde in der Studie nicht nur der sog. 'nicht erneuerbare kumulierte Energieaufwand' (KEAne) herangezogen, sondern auch die Auswirkungen auf den Treibhauseffekt in Form der äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Baustoffe betrachtet. Laut Studie entfällt bei Neubauten nach EnEV-Standard etwa 40 % des Gesamtbedarfs auf die graue Energie, wenn die Bilanzgrenze der EnEV betrachtet wird (Heizung, Warmwasser, Lüftung, Hilfsstrom im Gebäudebetrieb – kein Nutzerstrom). Bei höheren Gebäudeenergiestandards mit mehr Dämmung und technischen Anlagen kann der graue-Energie-Anteil sogar bis auf 60 % steigen. Wenn in Gebäuden erneuerbarer Strom erzeugt wird, dann kann dies die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich senken. Je nachdem wie der in der EnEV geforderte Gebäudeenergiestandard erreicht wird, gibt es große Unterschiede beim Energieaufwand. Die äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen eines neuen Mehrfamilienhauses im EnEV-2016-Standard können zwischen 15 und 50 kg CO<sub>2</sub>-Ä./m<sup>2</sup><sub>Wfl.</sub>a betragen. Wenn das Gebäude statt in Massiv- in Holzbauweise errichtet wird, können die Emissionen um etwa sechs kg CO<sub>2</sub>-Ä./m<sup>2</sup><sub>Wfl.</sub>a gesenkt werden. Wird dies auf das jährliche Neubauvolumen hochgerechnet, könnten damit etwa sieben Mio. t CO<sub>2</sub>-Ä. pro Jahr in Deutschland

eingespart werden. In der Studie wurde festgestellt, dass es bei den verschiedenen Gebäudestandards beim Energiebedarf und bei den Treibhausgasemissionen eine große Spreizung gibt. Beispielsweise kann der Energieaufwand für ein Nullenergie-Gebäude gleich groß sein wie für ein Gebäude, das zwar nur den EnEV-Standard erfüllt, aber einen Energieträger mit niedrigen CO<sub>2</sub>-Emissionen verwendet. Es zeigte sich, dass die Forderung eines hohen Gebäudeenergiestandards (z.B. Passivhaus, Nullenergie, Plusenergie) zu einer Reduzierung des Energieaufwands führen kann, aber dass es auf Grund der großen Spreizung kein Garant für die Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen ist und somit die Wirkung hinsichtlich des Klimaschutzes verfehlen kann. Empfohlen wurde in der Untersuchung, Methoden der Ökobilanzierung stärker in der Planungspraxis zu verankern. Bereits vereinfachte Ansätze einer Ökobilanzierung für Neubauten können zu deutlichen Verbesserungen führen. Durch den Einsatz von Leichtbauweisen (z.B. Holz) und alternative Materialien (z.B. kein Zement, nachhaltige Dämmstoffe) könnte die graue Energie im Neubau deutlich reduziert werden. Die Studie plädiert dafür, die Bilanzgrenze der EnEV um die graue Energie und den Nutzerstrom zu erweitern und dabei die Bewertungsgröße von Primärenergie auf CO<sub>2</sub>-Emissionen umzustellen. Damit würden sich deutliche Verbesserungen beim Klimaschutz erreichen lassen. (vgl. BBSR et al. 2019: 3 f., 16)

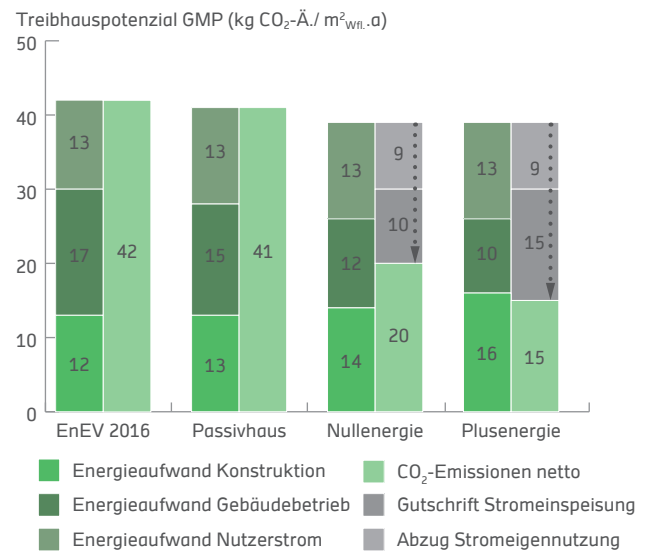
In der Studie wurde auf Grundlage statistischer Daten ermittelt, wie Gebäude üblicherweise in den verschiedenen Energiestandards errichtet werden (z.B. EnEV 2016 Standard: Gas und Solarthermie, KfW 55, Abluftanlage, ohne PV). Für diese üblichen Ausführungen wurden die Anteile der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Lebenszyklus berechnet (siehe nachfolgende Abbildung). Auf die Gebäudekonstruktion entfallen zwischen 12 und 16 kg CO<sub>2</sub>-Ä./m<sup>2</sup><sub>wfl.</sub>-a. Bei den Gebäudestandards ohne PV-Anlagen (EnEV 2016 und Passivhaus) beträgt der Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Konstruktion bezogen auf die Gesamtemissionen rund 30 %. Die PV-Anlagen, die üblicherweise bei Null- und Plusenergiegebäuden eingesetzt werden, lassen den Konstruktionsanteil auf 35-40 % steigen. Die lokale Stromerzeugung kann aber von den CO<sub>2</sub>-Emissionen abgezogen werden (vgl. BBSR et al. 2019: 17 f.).

Abb. 94: Energieaufwand über 50 Jahre für das untersuchte Typgebäude Mehrfamilienhaus Neubau in BBSR-Studie



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung: BBSR et al. 2019: 16

Abb. 95: CO<sub>2</sub>-Bilanz von Energiekonzepten übliche Bauweise Neubau MFH



Quelle: BBSR et al. 2019: 19 (eigene Darstellung)

Bei Ökobilanzen handelt es sich um eine Methode zur Quantifizierung von Umwelteinwirkungen von Gebäuden, die durch die DIN-Normen nach ISO 14040 und 14044 standardisiert ist. Basierend auf dem Lebenszyklusgedanken werden alle entstehenden Umweltwirkungen von der Rohstoffbereitstellung über die Herstellung und Nutzung bis zur Verwertung am Lebensende berücksichtigt. Für die Ökobilanzierung von Bauwerken kann auf die ÖKOBAUDAT zurückgegriffen werden, die Datensätze zu Baumaterialien, Bau-, Transport-, Energie- und Entsorgungsprozessen enthält. Das BBSR stellt ein Ökobilanzierungstool (eLCA) zur Verfügung, das mit Hilfe der ÖKOBAUDAT-Datenbank den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks berechnen kann.

Beispielsweise wäre der Ansatz konsequent, bei einem Null- oder Plusenergiehaus nicht nur den Strom und die Wärme bilanziell über ein Jahr zu betrachten, sondern auch den Energieverbrauch für den Bau, die Instandhaltung und Sanierung sowie für den Rückbau des Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus. Plusenergie wäre erst dann erreicht, wenn die in der Bilanzgrenze erneuerbar erzeugte Energie am Ende des Lebenszyklus größer ist als die aufgewendete graue Energie (vgl. Fisch/Wilken/ Stähr 2012: 30).

Weitere wichtige Aspekte beim Thema Baustoffe liegen in der Wiederverwendbarkeit, der Entsorgung, der Regionalität und der Schadstoffabgabe. Natürliche und nachwachsende Baustoffe sollten bei der Errichtung neuer Quartiere eine große Rolle spielen. Insbesondere der Baustoff Holz bietet viele Vorteile. Er wächst nach, ist biologisch abbaubar und meist gut verfügbar und kann problemlos auch im mehrgeschossigen Wohnungsbau eingesetzt werden. Der größte Vorteil liegt darin, dass Holz viel klimawirksames CO<sub>2</sub> bindet, solange es als Bau-

stoff genutzt wird. 1 m<sup>3</sup> Holz bindet fast eine Tonne CO<sub>2</sub> als Kohlenstoff. Einige Bundesländer haben in den letzten Jahren ihre Bauordnungen angepasst, um die Entstehung von Holzbauten zu vereinfachen.

Bei der Entwicklung neuer Baugebiete haben Städte verschiedene Möglichkeiten, Vorgaben für die Verwendung von Baustoffen zu machen. Denkbar wäre es, Berechnungen zur grauen Energie oder Ökobilanzen zu fordern und dabei Höchstgrenzen vorzugeben. Bei solchen verpflichtenden Berechnungen sollte darauf geachtet werden, dass der Aufwand und damit die Kosten nicht zu hoch sind. Weniger aufwändige Regelung könnten darin liegen, beispielsweise in neuen Baugebieten Polystyrol als erdölbasierter Dämmstoff (sofern statisch bzw. konstruktiv möglich) oder nicht trennbare Wärmedämmverbundsysteme zu verbieten. Ebenso könnten Bauweisen mit möglichst wenig Beton forciert werden. Denn Beton mit dem darin enthaltenen Zement ist besonders energieintensiv und setzt bei der Produktion viele Emissionen frei. Etwa acht Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden durch die Zementherstellung verursacht. Angesichts der vielen Vorteile von Holz sollte dieser Baustoff verstärkt zum Einsatz kommen. Beispielsweise könnte vorgegeben werden, dass Gebäude nur in Holzbauweise errichtet werden dürfen oder zumindest ein Mindestanteil an der Konstruktion in Holz auszuführen ist. Allerdings dürfen die möglicherweise damit verbundenen finanziellen Mehraufwendungen nicht außer Acht gelassen werden. Die Möglichkeiten, Vorgaben bei den Baustoffen um- bzw. durchsetzen, sind für die Städte gleich wie beim Energiestandard (siehe H3.1) und reichen vom städtebaulichen Vertrag und Durchführungsvertrag, über Grundstückskaufverträge bis zu freiwilligen Maßnahmen (z.B. Pluspunkte bei Konzeptvergabe).



### Projektbeispiele

#### München: ökologische Mustersiedlung in Holzbauweise im Prinz-Eugen-Park

Im südlichen Bereich der ehemaligen Prinz-Eugen-Kaserne trieb die Stadt München über mehrere Jahre Planungen voran, um auf eigenen Flächen eine ökologische Mustersiedlung in Holzbauweise (ca. 450 WE) zu realisieren. Beabsichtigt zwar zunächst, die Siedlung im Plusenergie-Standard sowie in Holzbauweise zu errichten und nicht wie die angrenzenden Flächen an die Fernwärme anzubinden. Das Konzept für die Umsetzung der Mustersiedlung wurde von der Stadtverwaltung intensiv vorbereitet und sollte 2015 vom Stadtrat beschlossen werden. Auf Antrag der SPD wurden allerdings die Ziele aufgegeben, die Siedlung im Plusenergiestandard ohne Anschluss an die Fernwärme zu errichten (stattdessen KfW-70-Standard). Lediglich die Holzbauweise wurde beibehalten. Da die Grundstücke zu großen Teilen in einem Konzeptvergabeverfahren vergeben wurden, war es erforderlich, Bewertungs- und somit die Ausschreibungs- und Vergabekriterien für die Holzbauweise zu erarbeiten. Die Kriterien wurden im Rahmen eines Forschungsprojekts erarbeitet. Dabei wurde auf die Menge an Holz zurückgegriffen, die im Gebäude verbaut wird, und dafür eigens die Einheit „kg nawaros/ m<sup>2</sup> WF“ (nawaros = nachwachsende Rohstoffe) entwickelt. Für die verschiedenen Gebäudetypen wurden Mindestwerte von nachwachsenden Rohstoffen festgelegt (z.B. Geschosswohnungsbau mind. 50 kg nawaros/ m<sup>2</sup> Wohnfläche). Um die durch die Holzbauweise bedingten Mehraufwendungen auszugleichen, richtete die Stadt ein Zuschussprogramm mit einem Budget von 13,6 Mio. € ein. Zudem entwickelte die Stadtverwal-

tung für die Umsetzung der Holzbauweise ein spezielles Beratungskonzept mit einem Ratgeber-Gremium. (vgl. Referat für Stadtplanung und Bauordnung 2015a; Referat für Stadtplanung und Bauordnung 2015b)

#### Bad Aibling: city of wood

Auf einer ehemaligen Militärbrache entwickelt seit 2005 ein privater Investor (B&O Gruppe) eine Nullenergiestadt bestehend aus Holzbauten. Der Projektentwickler führte einen internationalen Wettbewerb durch, um passende Architekturkonzepte zu erhalten. Auf dem Areal wurden mittlerweile mehrere, innovative Demonstrationsgebäude aus Holz realisiert. Errichtet wurde beispielsweise ein in knapp 25 m hohes Hochhaus, dessen Konstruktion fast ausschließlich aus einheimischen Hölzern besteht. Ein zentrales Heizhaus, das einer Kapelle nachempfunden ist (Heizkone), versorgt über ein Nahwärmenetz die Gebäude. (vgl. Website BYAK, siehe auch S. 91)

## Weitere kommunale Handlungsoptionen im Überblick

- Errichtung von öffentlichen Gebäuden mit besonders ambitionierten baulichen Konzepten bzw. als Vorzeigeprojekte zu den Themen Energiestandard und Baustoffe
- Einrichtung eines Expertengremiums oder Beirats zur Optimierung der Hochbauten nach der Grundstücksvergabe und vor dem Bauantrag: Beratung der Investoren durch Experten
- Schaffung von Beratungs- und Informationsangeboten für die Bauherren, wie klimaschonende Bauweisen realisiert werden können
- Erarbeitung von Bauhandbuch bzw. Gestaltungsvorgaben, die beim Verkauf städtischer Grundstücke in den Kaufvertrag einfließen
- Aufbau von städtischen Förderprogrammen und sonstigen Vergünstigungen, um Entstehung von ambitionierten Projekten zu unterstützen und Mehraufwendungen zu verringern
- Reduzierung der Wohnfläche pro Person: Forcierung von Gebäuden mit gemeinschaftlichen Flächen zur Senkung der Individualwohnfläche

## 6.6 HANDLUNGSFELD 4: MOBILITÄT/ VERKEHR

Der Verkehrssektor verursacht mit rund 19 % einen großen Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland (vgl. Kap. 2.1.1). Im Vergleich zu den 1990er Jahren ließen sich in diesem Sektor die Treibhausgasemissionen kaum reduzieren. Wenn ein neues Baugebiet klimaschonend entwickelt werden soll, muss daher auch bei der Mobilität angesetzt werden. Vorrangiges Ziel sollte es sein, den MIV zu reduzieren, ohne dabei die Bewohner in ihrer Mobilität einzuschränken. Dabei ist es von großer Bedeutung, auch

immer die Belange von Senioren, Familien, sozial benachteiligten sowie mobilitätseingeschränkten Personen zu berücksichtigen. Eine Minimierung des MIV hat nicht nur Vorteile für den Klimaschutz, sondern auch für die Qualität des Wohnumfelds, die Verkehrssicherheit sowie für die Reduzierung von Lärm und Luftschadstoffen. Der Umzug in ein neues Baugebiet bietet die große Chance, dass Bewohner ihre Mobilitätsgewohnheiten hinterfragen und ggf. ändern. Folgende Fragen sind für die verkehrliche Entwicklung von Neubaugebieten relevant:

- Verkehrsvermeidung: Wie kann der MIV reduziert werden? Wie können Wege verkürzt werden?
- Verkehrsverlagerung: Wie kann der Verkehr auf den Umweltverbund verlagert werden?
- Emissionsminderung: Wie können die Emissionen des nicht vermeidbaren MIV gesenkt werden? Wie können Elektroautos im Quartier mit regenerativer Energie versorgt werden?

Zu beachten ist, dass das Thema Verkehr bei der Entwicklung von neuen Baugebieten ein überaus heikles Thema sein kann und oft zu Widerständen von Bürgern führt. Beispielsweise wird oft eine weitere Zunahme der Verkehrsbelastung im Umfeld als nicht vertretbar angesehen oder es wird eine Verlagerung des ruhenden Verkehrs in die Umgebung befürchtet. Im Folgenden werden kommunale Handlungsoptionen aufgezeigt, wie Städte bei der Entwicklung neuer Baugebiete vorgehen können, um die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen zu reduzieren.

#### H4.1 Erstellung von Mobilitätskonzepten



Die Untersuchungen von beispielhaften Projekten haben gezeigt, dass für neue Baugebiete nur in Ausnahmefällen

detaillierte Mobilitätsgutachten erstellt werden. Häufig werden nur Verkehrsgutachten erarbeitet, die sich damit beschäftigen, wie der durch das Baugebiet hervorgerufene MIV abgewickelt werden kann. Angesichts der Komplexität des Themas Mobilität kann eine systematische Aufarbeitung in Form eines Gutachtens zielführend sein. Mit Hilfe von Mobilitätsgutachten kann untersucht werden, wie die Mobilität der Bewohner und sonstigen Nutzer eines Quartiers klimaschonend organisiert werden kann. In einem solchen Konzept sollten systematisch die zu erwartenden Mobilitätsbedürfnisse der Bewohner aufgearbeitet sowie Möglichkeiten für die Verlagerung des MIV auf Verkehrsträger des Umweltverbunds aufgezeigt werden. Wie bei Energiekonzepten können für die Beauftragung und für die Umsetzung der Ergebnisse von solchen Gutachten je nach Eigentumsverhältnissen unterschiedliche Akteure und Vorgehensweisen in Frage kommen (siehe H1.2).



#### Projektbeispiele

##### Darmstadt: Lincoln-Siedlung

Die Stadt Darmstadt realisiert auf der ehemaligen Lincoln-Siedlung ein Modellquartier für nachhaltige Stadt- und Verkehrsentwicklung. Um dieses Ziel umzusetzen, beauftragte die Stadt im Vorfeld ein Mobilitätskonzept sowie weitere ergänzende Untersuchungen. Zentraler Bestandteil des Mobilitätskonzepts ist eine Beschränkung der Stellplätze, die in dem Gebiet errichtet werden dürfen, sowie der Aufbau umfangreicher Mobilitätsangebote, um den MIV zu reduzieren. Diese Maßnahmen wurden erforderlich, da bei einer klassischen Entwicklung des Gebiets der zusätzliche MIV nicht über das bestehende Straßennetz hätte abgewickelt werden können. (vgl. Wissenschaftsstadt Darmstadt 2018)

##### Bremen: Neues Hulsberg-Viertel

Um die Mobilität im Neuen Hulsberg-Viertel nachhaltig zu organisieren, beauftragte die eigens für die Entwicklung gegründete städtische Tochtergesellschaft im Verlauf des Planungsprozesses zwei Gutachten (2012 und 2017), die sich neben der Mobilität der Bewohner vertieft auch mit dem Thema der Parkierung und des Stellplatzbedarfs beschäftigten. Zunächst wurde eine Voruntersuchung durchgeführt, die später in einem weiteren Gutachten thematisch vertieft wurde. Als Ergebnis wurde ein integriertes Mobilitätskonzept für das neue Stadtquartier entwickelt, das hohe Anforderungen an nachhaltige, ökologische und wirtschaftliche Konzepte erfüllt und sich insbesondere durch ein innovatives Parkierungskonzept auszeichnet. (vgl. SHP Ingenieure 2012; Argus Stadt- und Verkehrsplanung 2017)

##### Leipzig: Westlich des Hauptbahnhofs

In direkter Nähe zum Leipziger Hauptbahnhof entwickelt ein privater Investor eine ehemalige Bahnfläche. Die Stadt forderte den Projektentwickler früh in der Planungsphase auf, ein Mobilitätskonzept für den Standort vorzulegen. Daraufhin wurde ein umfangreiches Mobilitätskonzept erstellt, das systematisch Maßnahmen aufzeigt, wie auf der Entwicklungsfläche ein möglichst autoarmes Quartier entstehen kann. Auf Grundlage dieses Konzepts wurde der Erschließungsträger durch einen städtebaulichen Vertrag verpflichtet, verschiedene Mobilitätsangebote zu schaffen und Maßnahmen umzusetzen. Die Stadt senkte im Gegenzug im Bebauungsplan die Zahl der notwendigen Stellplätze. (vgl. seecon Ingenieure GmbH 2018)

#### H4.2 Schaffung von attraktiven Mobilitätsangeboten



Um den MIV langfristig zu reduzieren, ist es wichtig, von Anfang an in einem neuen Baugebiet attraktive Alternativen zum eigenen PKW anzubieten und den Umweltverbund auszu-

bauen. Als Mobilitätsangebote können in Frage kommen:

- ÖPNV (möglichst schienengebunden)
- Fahrradabstellmöglichkeiten (ausreichende Anzahl, gute Erreichbarkeit, Wetter- und Diebstahlschutz)
- Carsharing oder Carpooling (vorzugsweise mit E-Autos)
- Verleih von Fahrrädern, Lastenfahrrädern, E-Scootern oder E-Rollern
- Mobilitätsstationen/ Mobilitätshub
- App für die Buchung von Angeboten und für weitere Informationen (z.B. Fahrgemeinschaften)
- Mobilitätsberatung, Informationsmaterial für die Bewohner



- Bereitstellung von vergünstigten oder übertragbaren ÖPNV-Karten
- attraktive Wegeverbindungen für Fußgänger und Radfahrer

Um ein Neubaugebiet klimaschonend zu entwickeln, sollte insbesondere eine möglichst gute Anbindung an den ÖPNV vorgesehen werden. Wenn in einer Stadt mehrere Flächen für die Entwicklung in Frage kommen, dann sollte bei der Entscheidungsfindung unter anderem berücksichtigt werden, welche Möglichkeiten für die ÖPNV-Anbindung bestehen oder geschaffen werden können (vgl. auch H0.1). Im Planungsprozess sollte der lokale Verkehrsbetrieb oder Verkehrsverbund von Beginn an eingebunden werden.

Die Attraktivität des ÖPNV kann durch komfortable Haltestellen (Überdachung, dynamische Fahrgastinformation, etc.) und einen möglichst dichten Takt auch an den Wochenenden und außerhalb der Hauptverkehrszeiten erhöht werden. Zu beachten sind die langen Planungs- und Vorlaufzeiten von Infrastrukturprojekten. Um beispielsweise die Förderwürdigkeit von größeren Investitionen in Verkehrswege zu prüfen, ist eine standardisierte Bewertung durchzuführen, bei der verschiedene Indikatoren berechnet (z.B. ÖPNV-Betriebskosten, CO<sub>2</sub>-Emissionen) und den Kosten gegenübergestellt werden. Voraussetzung für den Aufbau eines attraktiven ÖPNV-Angebots ist eine ausreichende Tragfähigkeit. Die Schaffung von genügend Fahrgastpotenzialen kann ein weiteres Argument für eine hohe Bebauungsdichte im Plangebiet sein. Die durchgeführten Projektauswertungen (siehe Kap. 4) und die Begleitung des Planungsprozesses von Spinelli haben gezeigt, dass bei vielen großen Quartiersentwicklungen ein wesentliches Problem darin besteht, dass zwar eine schienengebundene Anbindung geschaffen werden soll, diese aber wegen der langen Planungs- und Bauzeiten bis zum Bezug nicht fertiggestellt ist. Dadurch werden Chancen vergeben, dass Bewohner das attraktive ÖPNV-Angebot bei der Entscheidung für den Wohnstandort miteinbeziehen oder im Zuge des Umzugs ihr Mobilitätsverhalten hinterfragen. Für den Fall, dass z.B. eine kommunale Stellplatzsatzung bei einer guten ÖPNV-Anbindung eine Reduzierung der Zahl der notwendigen Stellplätze vorgesehen würde, könnten die Stellplatzzahlen wegen des noch nicht vorhandenen ÖPNV-Angebots nicht gesenkt werden. Um ideale Rahmenbedingungen für ein autoarmes Quartier zu schaffen, ist es daher von großer Bedeutung, die ÖPNV-Anbindung möglichst frühzeitig zu planen und im Idealfall schon vor der Aufsiedlung einzurichten. Falls dies nicht möglich ist, sollten die in Frage kommenden Trassen freigehalten und im Bebauungsplan gesichert werden.

Carsharing werden große Potenziale zugeschrieben, die Zahl an privaten Autos in Quartieren zu senken. Seit Inkrafttreten des Carsharinggesetzes im Jahr 2017 besteht für Städte die rechtliche Möglichkeit, auch auf öffentlichen

Verkehrsflächen Stellplätze für Carsharing zuzulassen. Um die Entstehung von bedarfsgerechten Carsharingangeboten voranzutreiben, bietet es sich für Städte an, frühzeitig Kontakt zu lokalen Anbietern aufzubauen und deren Expertise in die Planungen einfließen zu lassen. Um verschiedene Verkehrsmittel miteinander zu verknüpfen, sollte die Einrichtung von Mobilitätsstationen geprüft und in die Planungen integriert werden.

Wenn in einem Gebiet umfangreiche und aufeinander abgestimmte Mobilitätsangebote aus einer Hand aufgebaut werden sollen, dann ist – wie bei quartiersbezogenen Energiesystemen – ein Akteur erforderlich, der den Aufbau und den Betrieb der Angebote übernimmt und dessen Finanzierung langfristig sichert. Aktuell entstehen einige große Stadtentwicklungsprojekte, bei denen für die Umsetzung eines innovativen Mobilitätskonzepts eigens Strukturen wie ein Verein oder eine GmbH gegründet wurden (z.B. Franklin in Mannheim, Lincoln-Siedlung in Darmstadt, Neues Hulsberg-Viertel in Bremen). Städten kann dabei die Aufgabe zukommen, die Gründung solcher Organisationen vorzubereiten bzw. einzufordern und das Leistungsbild vorzugeben. Beispielsweise können Projektentwickler durch entsprechende Regelungen in einem städtebaulichen Vertrag zur Gründung und Unterhaltung solcher Organisationen verpflichtet werden. Die Finanzierung erfolgt auf unterschiedliche Weise – z.B. durch Aufschläge bei der Vermietung von Stellplätzen oder von Wohnungen, einmalige Zahlungen von Investoren.



## Projektbeispiele

Folgende Projekte zeichnen sich beispielsweise durch besondere Maßnahmen im Mobilitätsbereich aus:

### München: Domagkpark

Schaffung von vielfältigen Mobilitätsangeboten insbesondere bei den Genossenschaftsprojekten, teilweise Reduzierung der Stellplatzzahlen

### Freiburg: Vauban

komplexes und aufwändiges Parkierungskonzept für autofreies Wohnen in Teilbereichen, vielfältige Mobilitätsangebote, Schwierigkeiten durch erst nachträgliche Anbindung an die Stadtbahn

### Mannheim: Franklin

Gründung einer eigenen Gesellschaft für die Mobilitätsangebote; Einrichtung von E-Bussen bis zur Fertigstellung der Stadtbahnanbindung

### Wien: Seestadt Aspern

Errichtung einer neuen Stadtbahnanbindung im Vorfeld der Entwicklung, Einrichtung eines Mobilitätsfonds zur Finanzierung von Angeboten

### Leipzig: Westlich des Hauptbahnhofs

Verschiebung einer Straßenbahnhaltestelle, Umsetzung zahlreicher Mobilitätsangebote wie Mobilitätsberatung durch privaten Investor, weitreichende Verpflichtungen und Sicherungen durch städtebaulichen Vertrag

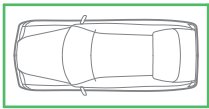
## Darmstadt: Lincoln-Siedlung

umfangreiche Mobilitätsangebote, Gründung eines Vereins für Betrieb und Organisation

## Köln: Stellwerk 60

Bewohnerverein für Betrieb der Mobilitätsangebote, Mobilitätsstation, großzügige Fahrradtiefgaragen

### H4.3 Ruhender Verkehr



Um den MIV in neuen Bau- gebieten zu reduzieren, liegt ein wichtiger Ansatzpunkt mit weitreichenden Einflussmög-

lichkeiten für Städte im ruhenden Verkehr. Eine zentrale Frage besteht bei der Planung darin, welche Nachfrage – v.a. in Abhängigkeit der geplanten Mobilitätsangebote (siehe H5.2) – zu erwarten ist und welches Angebot an Stellplätzen geschaffen wird. Die Regelung der Stellplatzpflicht im Neubau findet auf der Ebene der Länder statt. Es gibt einige Länder, die die Stellplatzpflicht vollständig abgeschafft oder deren Regelung den Kommunen übertragen haben. Andere Länder schreiben nach wie vor in ihren Bauordnungen Stellplätze – meist ein Stellplatz je Wohnung – vor.

In den meisten Bundesländern gibt es die gesetzliche Möglichkeit, dass Städte entweder in selbständigen Satzungen oder in örtlichen Bauvorschriften in Zusammenhang mit einem Bebauungsplan eigene Stellplatzregelungen treffen können. Von diesen Möglichkeiten machen Städte angesichts der großen Herausforderungen im Verkehrsbereich immer mehr Gebrauch. Vor allem wenn besondere Maßnahmen im Bereich Mobilität umgesetzt werden, sollten Städte prüfen, ob bzw. in welchem Umfang die gesetzlichen Stellplatzzahlen abgesenkt werden können. Da es auch die rechtliche Möglichkeit gibt (auf Grundlage von § 12 Abs. 6 BauNVO oder von Regelungen in Landesbauordnungen), die Zahl der Stellplätze, die hergestellt werden dürfen, einzuschränken, können auch solche weitreichenden Eingriffe in die Baufreiheit in Betracht gezogen werden. Mit Hilfe von Parkraumbewirtschaftung können Städte eine Verlagerung des ruhenden Verkehrs in den öffentlichen Verkehrsraum und die Umgebung unterbinden.

Neben der Zahl der Stellplätze stellt sich auch die Frage, wie die weiterhin erforderlichen Stellplätze in einem Neubaugebiet im Sinne einer nachhaltigen Quartiersentwicklung untergebracht werden können. Bei vielen ambitionierten Quartiersplanungen (z.B. Spinelli in Mannheim, Neues Hulsberg-Viertel in Bremen, Lincoln-Siedlung in Darmstadt) wird derzeit das Konzept verfolgt, die Stellplätze anstatt in einzelnen kostenintensiven Tiefgaragen in Quartiersgaragen meist in Form von Parkhäusern unterzubringen. Eine konzentrierte Parkierung hat vielfältige Vorteile (z.B. geringere Kosten, Autonutzung unattrak-

tiver, Belegung des öffentlichen Raums) und ermöglicht es, Ladeinfrastruktur für E-Autos gebündelt zu errichten und beispielsweise Lastmanagement einfacher zu realisieren. Die Unterbringung von Stellplätzen in zentralen Parkieranlagen ist für Städte aber meist mit einem erheblichen organisatorischen Aufwand für die Vorbereitung, Planung und rechtssichere Umsetzung verbunden. Wie bei quartiersbezogenen Energieversorgungssystemen (H1.5) oder Mobilitätsangeboten (H5.2) ist für die Errichtung und den Betrieb von Quartiersgaragen, deren Wirtschaftlichkeit in der Regel ein großes Problem darstellt, ein geeigneter Akteur erforderlich.



### Projektbeispiele

#### Darmstadt: Lincoln-Siedlung

Auf der Fläche der ehemaligen Lincoln-Siedlung wird ein Modellquartier für eine nachhaltige Stadt- und Verkehrsentwicklung realisiert. Das Mobilitätskonzept sieht vielfältige Maßnahmen und Angebote vor. Ein wichtiger Bestandteil besteht in der Beschränkung der Zahl der Stellplätze, die hergestellt werden dürfen, auf 0,65 Stellplätze je Wohnung. Für die Umsetzung erließ die Stadt eine Einschränkungs- und Verzichtssatzung. Das Konzept sieht vor, dass 0,5 Stellplätze je Wohnung in fünf großen Sammelgaragen untergebracht werden. Die restlichen 0,15 Stellplätze je Wohnung müssen wohnungsnah für Carpooling oder für Mobilitäts eingeschränkte errichtet werden. Eine Besonderheit besteht darin, dass die Stellplätze nach festgelegten Vergabekriterien in einem speziellen Verfahren von der neu aufgebauten Mobilitätszentrale vergeben werden. Wohnen und Parken sind somit vollständig voneinander entkoppelt. Die Umsetzung des Parkierungskonzepts wurde durch einen städtebaulichen Vertrag sowie einen Durchführungsvertrag mit dem Projektentwickler abgesichert. (vgl. Wissenschaftsstadt Darmstadt 2018; Stete Planung/ Wissenschaftsstadt Darmstadt 2017; Wissenschaftsstadt Darmstadt 2019)

#### Bremen: Neues Hulsberg-Viertel

In dem neuen Stadtquartier werden die notwendigen Stellplätze in Hoch- und Tiefgaragen als Quartiersgaragen an den Rändern des Plangebiets untergebracht. Die Stadt erarbeitete eine komplexe Vorgehensweise, wie die Stellplätze den Baufeldern zugeordnet und gesichert werden können und wie der Nachweis im Zuge der Baugenehmigung erfolgen kann, falls die Parkieranlagen zu diesem Zeitpunkt noch nicht fertiggestellt sind. Die Umsetzung der erarbeiteten Regelungen wurden in einem städtebaulichen Vertrag dem Projektentwickler übertragen. (vgl. Website Neues Hulsberg)

### H4.4 Elektromobilität



Um den bislang stockenden Ausbau der Elektromobilität zu unterstützen (siehe S. 50), sollten in neuen Baugebieten opti-

male Möglichkeiten zur Beladung von Autos geschaffen werden. Der Strom dafür sollte möglichst aus erneuerbaren Energien stammen und der Strombedarf in einem Energiekonzept berücksichtigt werden (siehe H1.3). Die Forcierung von Elektromobilität auf Quartiersebene trägt nicht nur zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern auch von Lärm und Luftschadstoffen im Wohnumfeld bei.

Wenn Carsharing in dem Gebiet angeboten wird, dann sollte darauf hingewirkt werden, dass vorzugsweise E-Autos genutzt werden.

Hinsichtlich des Standorts der Ladeinfrastruktur kann zwischen öffentlichem, halböffentlichem und privatem Raum unterschieden werden. Bei der Errichtung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum sollten Städte strategische und rechtliche Themen berücksichtigen (für weitere Informationen z.B. BMVi 2014). Im halböffentlichem Raum können Stellplätze in privatem Besitz errichtet werden, die aber Dritten zur Verfügung gestellt werden (z.B. Parkhäuser, Ladestationen bei Supermärkten), während im privaten Raum nur Nutzungsberechtigte Zugang zur Ladestation haben (z.B. hauseigener Stellplatz). Städte haben bei der Entwicklung neuer Baugebiete verschiedene Möglichkeiten, die Schaffung von Ladeinfrastruktur auf privaten Grundstücken zu steuern. In städtebaulichen Verträgen oder Grundstückskaufverträgen kann beispielsweise festgeschrieben werden, dass bei einer bestimmten Zahl an Stellplätzen entweder Ladestationen errichtet oder zumindest die entsprechenden Voraussetzungen für deren Installation geschaffen werden müssen.

Wegen des großen Strombedarfs sollte die Ladeinfrastruktur von Anfang bei der Planung der Strominfrastruktur berücksichtigt werden. Wenn ein Energiekonzept (siehe H1.3) für ein Projekt erstellt wird, sollte umfassend geprüft werden, wie der zusätzliche Strombedarf für die Elektromobilität in das System integriert werden kann, um eine effiziente und CO<sub>2</sub>-arme Versorgung zu gewährleisten und Investitionskosten im Rahmen zu halten (z.B. Lastmanagement). Ziel sollte es sein, dass möglichst viel Strom für die Elektromobilität regenerativ vor Ort erzeugt wird und sich im Quartier ergebende Synergieeffekte optimal genutzt werden. Neue Baugebiete bieten sich in Zusammenhang mit Elektromobilität an, Strukturen für das Energiemanagement aufzubauen. Beispielsweise könnten durch den Einbau intelligenter Steuerungstechnik (smart grids) Batterien in Autos dann geladen werden, wenn ausreichend preiswerter Strom zur Verfügung steht.



#### Projektbeispiele

##### Darmstadt: Lincoln-Siedlung

Die Stadt verpflichtete in einem Durchführungsvertrag den Vorhabenträger dazu, bei der Veräußerung der Grundstücke in den Kaufverträgen eine Verpflichtung aufzunehmen, dass bei bestimmten Stellplätzen Leerrohre für die Installation von Ladestationen vorgesehen werden müssen. Zudem soll der Grundstückskäufer verpflichtet werden, auf Verlangen die Errichtung von Ladestationen zuzulassen oder selber vorzunehmen, sofern dies wirtschaftlich darstellbar ist. Zudem wurde in dem Vertrag geregelt, dass der Projektentwickler technische Voraussetzungen für sechs geplante Elektroladestationen im öffentlichen Raum bereitzustellen hat, damit die Stadt öffentliche Ladepunkte einrichten kann. (siehe dazu: Wissenschaftsstadt Darmstadt 2017: 12)

##### Stuttgart: Rosenstein

Auf einer etwa 8.500 m<sup>2</sup> großen Fläche errichtete ab 2017 das Siedlungswerk 125 Wohneinheiten. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Wohnen

und Elektromobilität in Stuttgart-Rosenstein“ (Forschungsverbund Schaulenster Elektromobilität LivingLab BWe mobil) wurde ein beispielhaftes Modell für Carsharing mit Elektroautos unter Einbeziehung der auf dem Grundstück vorhandenen Energieressourcen entwickelt. Den Bewohnern steht ein Angebot an Elektroautos und Pedelecs eines Dienstleisters zur Verfügung. Für die Beladung wird vor Ort erzeugter Strom verwendet. (vgl. Siedlungswerk GmbH Wohnungs- und Städtebau o.J.a; Siedlungswerk GmbH Wohnungs- und Städtebau o.J.b)

##### Hamburg: Leitfaden für die HafenCity

Die HafenCity Hamburg GmbH ließ einen Leitfaden erstellen, der umfangreiche Hinweise und Lösungen für den Einbau von Infrastruktur für die Elektromobilität liefert. Zielgruppe der Publikation sind Architekten, Bauherren und Ingenieure. Der Leitfaden soll dabei helfen, die Elektromobilität frühzeitig in die Neubauplanung zu integrieren. (vgl. Schatzinger/ Rose/ HafenCity Hamburg GmbH 2013)

##### Forschungsprojekt: e-Quartier Hamburg

Das Verbundvorhaben e-Quartier Hamburg, vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur im Rahmen des Programms „Modellregionen für Elektromobilität“ gefördert, verfolgte den Ansatz, elektromobile Carsharingangebote sowohl im Bestand als auch im Neubau zu integrieren. In dem Forschungsprojekt wurde ausführlich untersucht, mit welchen Instrumenten Städte rechtsverbindlich steuern können, dass mehr Stellplätze mit Ladeinfrastruktur auf privaten Flächen entstehen. (vgl. Dickhaut/ Zengering 2018)

## H4.5 Verkehrsreduzierung durch Nutzungsmischung



Die räumliche Entflechtung von Funktionen trägt erheblich zur Verkehrserzeugung bei. Um Energie zu sparen und

CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken, ist es bei der Entwicklung neuer Baugebiete wichtig, Siedlungs- und Nutzungsstrukturen zu entwickeln, die einen geringen Verkehrsaufwand (v.a. MIV) verursachen. Dies lässt sich insbesondere durch die Mischung von Wohnen mit anderen Nutzungen erreichen. Dadurch können die Entfernungen zu Einrichtungen des täglichen Bedarfs kurz gehalten und im Idealfall zu Fuß oder mit dem Fahrrad absolviert werden. Für weitere Ausführungen der kommunalen Handlungsmöglichkeiten siehe H2.5.

## H4.6 Liefer- und Güterverkehr



Ein wichtiger Ansatzpunkt, die Emissionen im Verkehrssektor bei der Entwicklung von neuen Quartieren zu reduzieren, liegt

neben dem Verkehr der Bewohner im Lieferverkehr. Angesichts der starken Zunahme des Onlinehandels sollten Lösungen entwickelt werden, wie der Aufwand für den Lieferverkehr gesenkt werden kann. Vorstellbar auf der Quartiersebene sind z.B. Paketstationen oder Conciergedienste, die die Annahme und Abgabe von Paketen über-

nehmen. Falls ein Mobilitätskonzept bzw. -gutachten für ein Neubaugebiet erstellt wird, sollte auch die Quartierslogistik untersucht und Empfehlungen erarbeitet werden.



### Projektbeispiele

#### München: Domagkpark

In dem Neubaugebiet wurde von einem Verein im Jahr 2017 an zentraler Stelle ein Concierge eingerichtet, bei dem unter anderem Pakete abgegeben und abgeholt werden konnten. Aus betriebswirtschaftlichen Gründen musste allerdings dieser Concierge-Dienst (Domagkwerk) im Frühjahr 2019 schließen. Im Rahmen des aktuell laufenden EU-Forschungsprojekts CIVITAS ECCENTRIC gab es weitere Überlegungen, ein Quartiers-Concierge-Dienst einzurichten, der die Waren- und Pakettlieferungen in das Wohngebiet zentral bündelt und die Zustellung der „letzten Meile“ umwelt- und bürgerfreundlich abwickelt. (vgl. Website Stadt München; Website Domagkpark)

#### Leipzig: Westlich des Hauptbahnhofs

Der Projektentwickler wurde im städtebaulichen Vertrag dazu verpflichtet, im Plangebiet mindestens eine kooperative Paketstation auf einer Fläche von 25 m<sup>2</sup> zu errichten. Die Station soll laut Vertrag an zentraler Stelle liegen, aber nicht im öffentlichen Raum, um mögliche Fragen betreffend der Einschränkung des Gemeingebrauchs zu vermeiden. Der Projektentwickler beabsichtigt allerdings stattdessen die Errichtung von Paketkastenanlagen (z.B. myRENZbox) bei den jeweiligen Gebäuden. (vgl. Stadt Leipzig 2019: 40)

## 6.7 HANDLUNGSFELD 5: AKZEPTANZ/ NUTZERVER- HALTEN

Wie in den vorherigen Handlungsfeldern aufgezeigt, gibt es für Städte bei der Entwicklung neuer Baugebiete eine Vielzahl an Möglichkeiten, um deren CO<sub>2</sub>-Ausstoß gering zu halten. Zahlreiche Maßnahmen bringen aber erst den gewünschten Effekt, wenn die Bauherren oder Nutzer die geschaffenen Angebote annehmen und bei Bedarf ihr Verhalten daran anpassen. Ohne Akzeptanz und Aktivitäten der Akteure im Quartier kann die Realisierung eines klimaschonenden Neubaugebiets nur sehr eingeschränkt gelingen. Dies betrifft insbesondere die Handlungsfelder Energie und Verkehr/ Mobilität. Damit die gewünschte Einsparung von Treibhausgasemissionen gelingt, reicht es in vielen Fällen nicht aus, nur Rahmenbedingungen oder Angebote zu schaffen oder auf innovative Technologien zurückzugreifen. Spezielle Konzepte lassen sich in Neubaugebieten nur umsetzen, wenn die Nutzer dafür sensibilisiert werden und die neuen Angebote auch annehmen. Die Akzeptanz und das Verhalten der Nutzer hängen dabei von einer Vielzahl an Faktoren ab (z.B. soziale Milieus). Wegen der aktuellen Diskussionen zum Klimawandel kann von einer hohen Bereitschaft ausgegangen werden, vernünftig mit Energie umzugehen.

Im energetischen Bereich gibt es beispielsweise Studien, die ergaben, dass das Verhalten und die Sensibilisierung der Nutzer entscheidende Faktoren sind, um die Ziele von hocheffizienten Energieversorgungssystemen tatsächlich zu erreichen. Während mit der Dämmung und der Haustechnik lediglich die Bedarfe beeinflusst werden können, kann der Nutzer durch sein Verhalten in allen Bereichen Energie sparen. Mit zunehmender Gebäudequalität steigt die Bedeutung des Nutzerverhaltens. Das heißt, energieeffiziente Gebäude können ihr Potenzial nur bei richtiger Nutzung vollständig ausschöpfen. Dafür muss bei vielen Bewohnern zuerst ein Bewusstsein geschaffen werden. (vgl. Stockinger/ Jensch/ Grunewald 2014)

### H5.1 Untersuchung der Nutzerwünsche und Bedarfsgerechtigkeit



In einem ersten Schritt sollte es bei der Entwicklung eines neuen Baugebiets darum gehen, für die späteren Bewohner ideale

Rahmenbedingungen für ein klimaschonendes Wohnen zu schaffen. Bewohner sollten v.a. die Chance erhalten, ihren Wärme- und Strombedarf möglichst regenerativ und kostengünstig zu decken sowie emissionsarm ihre täglichen Wege zurückzulegen. Konkrete Möglichkeiten, wie Städte dies umsetzen können, werden in den Handlungsfeldern 0 bis 4 erläutert. Allerdings reichen technologische Innovationen oder ambitionierte Konzepte allein nicht aus, denn Bewohner müssen diese auch annehmen und nutzen. Bei der Erarbeitung von Maßnahmen sollten daher auch immer in besonderer Weise die spätere Akzeptanz und die Bedarfsgerechtigkeit berücksichtigt werden. Es könnten Untersuchungen durchgeführt werden, um die Bedürfnisse der späteren Nutzer zu erfassen und die Maßnahmen von vornherein attraktiv zu gestalten.



### Projektbeispiel

#### Bamberg: Lagarde-Campus

Auf der ehemaligen Lagarde-Kaserne in Bamberg soll ein energieeffizientes Quartier entstehen. Die Entwicklung des Energiekonzepts wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) mit 480.000 € im Rahmen des Programms „Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0“ gefördert. Um sicherzustellen, dass das entwickelte Energiekonzept nicht am Bedarf der zukünftigen Nutzer vorbeigeht, hat die Universität Bamberg eine Umfrage durchgeführt. Ziel war es, vorab die Bedarfe zu erfassen und die Akzeptanz für unterschiedliche Optionen zu prüfen, um die Projektplanungen auf die Lebensentwürfe der unterschiedlichen Gruppen im Quartier auszurichten. Das Ergebnis zeigte, dass das vorgesehene Wärmekonzept auf hohe Akzeptanz stößt – vorausgesetzt die Energiekosten bleiben bezahlbar und sozialverträglich. (vgl. Website Uni Bamberg; Website Stadtwerke Bamberg\_a)

## H5.2 Informations-, Beratungs- und Beteiligungsangebote



Wenn in einem Neubaugebiet besondere Konzepte umgesetzt werden, wissen die zukünftigen Bewohner meist nicht darüber

Bescheid. Städte sollten daher Strategien entwickeln, wie Bewohner dauerhaft über spezielle, in einem Quartier umgesetzte Maßnahmen, die möglicherweise auch ein bestimmtes Verhalten erfordern, informiert werden können. Quartiersbezogene Konzepte sollten ausführlich kommuniziert und durch intensive und kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit für alle relevanten Zielgruppen verständlich erläutert werden. Städte können geeignete Informations- und Beratungsangebote initiieren oder dies an Vorhabenträger delegieren. Im Idealfall nutzen Investoren besondere Klimaschutzmaßnahmen für ihr Marketing und informieren daher von sich aus darüber. Für die Information und Sensibilisierung der Bewohner kommen verschiedene Kommunikationswege in Frage. Die Art, die Aufbereitung und die Verteilung der Informationen sollten unter Berücksichtigung der Zielgruppen und der personellen und finanziellen Kapazitäten erfolgen. In Betracht könnten u.a. folgende Maßnahmen kommen:

- Erstellung von Broschüren und sonstigem Informationsmaterial (z.B. Willkommenspaket mit Informationen für die Bewohner)
- Einrichtung einer Website über das Baugebiet mit Informationsmaterial (z.B. Veröffentlichung von Gutachten, Konzepten, Informationsmaterial)
- Versand eines regelmäßigen Newsletters an die Bewohner
- Erstellung einer Quartierszeitschrift mit Erläuterung von Konzepten (z.B. Franklin in Mannheim, Lincoln-Siedlung in Darmstadt, Vauban in Freiburg)
- Organisation von Informationsveranstaltungen (z.B. Informationsabende, Begehungen, Mieterversammlungen durch Wohnungsunternehmen)
- Einrichtung von Beratungsstellen (z.B. zu den Themen Mobilität oder Energie)
- Entwicklung einer Quartiersapp mit Informationen und weiteren Funktionen
- Erläuterung der Konzepte und Zielsetzungen der Quartiersplanung in den Miet- und Kaufverträgen (z.B. Verpflichtung des Eigentümers zur Aufnahme eines entsprechenden Passus)
- gezielte Pressearbeit (z.B. Berichterstattung in der lokalen Presse)
- Sichtbarmachung und Erläuterung von Maßnahmen (z.B. Inszenierung von Energie, Informationstafeln, Visualisierung des Energieverbrauchs)

Wie bei den meisten Maßnahmen stellt sich die Frage, wer die Umsetzung und die Finanzierung von solchen Angeboten übernimmt. In vielen Stadtverwaltungen gibt

es mittlerweile eigens für den Klimaschutz zuständige Stellen (z.B. Klimaschutzagentur in Mannheim), die bei der Entwicklung von neuen Baugebieten Aufgaben im Bereich Beratung und Information übernehmen können. Wenn sich die Grundstücke nicht im Eigentum der Stadt befinden, dann können auch die Vorhabenträger durch einen städtebaulichen Vertrag zum Aufbau von Informationsangeboten verpflichtet werden. Wichtig ist es, darauf zu achten, dass die Informationen nicht nur in der Anfangsphase beim Erstbezug die Bewohner erreichen, sondern auch langfristig alle Zuziehenden über die Besonderheiten informiert werden. Ein zielführender Weg kann darin liegen, in den Miet- und Kaufverträgen der Wohnungen einen Passus aufzunehmen, der über besondere Maßnahmen im Quartier informiert und der verpflichtend an Rechtsnachfolger weitergegeben werden muss.

Insbesondere wenn in einem Gebäude Mieterstrom angeboten wird, sollten große Anstrengungen unternommen werden, dass möglichst viele Bewohner dieses Angebot nutzen. Da bei der Wahl des Stromversorgers Freiheit besteht und Mietverträge nicht an Mieterstrom gekoppelt werden dürfen, sollten durch entsprechende Aufklärung, Information und Marketing möglichst viele Bewohner für den lokal erzeugten Strom gewonnen werden.

Die Projektrecherchen im Rahmen des Forschungsprojekts zeigten, dass bei einigen Vorhaben mit besonderen Mobilitätskonzepten eigens Organisationsstrukturen aufgebaut werden, um Bewohner im Hinblick auf die Mobilität am neuen Wohnort zu beraten und für die geschaffenen Angebote zu werben. Für den Aufbau solcher Anlaufstellen werden Finanzierungsmodelle erforderlich, die oft von Städten konzipiert und vorgegeben werden (z.B. Mannheim: Franklin, Leipzig: Westlich des Hauptbahnhofs).

Es ist meist nicht möglich, im Vorfeld die Bewohner an der Entwicklung von Konzepten und Maßnahmen zu beteiligen, da die späteren Nutzer noch nicht bekannt sind. Sobald die Bewohner feststehen, sollten Städte prüfen, bei welchen Themen noch Gestaltungsspielräume und somit Möglichkeiten zur Beteiligung bestehen. Städte sollten geeignete Formen der Beteiligung für die Bewohner schaffen, um die Identifikation und Akzeptanz von Maßnahmen im Quartier zu erhöhen.



### Projektbeispiele

#### Leipzig: Westlich des Hauptbahnhofs

Der Vorhabenträger wurde durch einen städtebaulichen Vertrag verpflichtet, Informationsmaterialien über das besondere Mobilitätskonzept vor der Vermarktung der Grundstücke fertigzustellen, damit den künftigen Bewohnern frühzeitig umfassende Informationen zu den Mobilitätszielen und -angeboten zur Verfügung stehen. Zudem sind seitens des Projektträgers Textbausteine für den Miet- und Kaufvertrag zu entwickeln, die auf die besonderen Zielsetzungen des autoarmen Wohnens hinweisen. Darüber hinaus verpflichtete die Stadt den Vorhabenträger, vor dem Erstbezug der

Wohnungen eine Anlaufstelle für die Mobilitätsberatung einzurichten sowie einen Mobilitätsberater zu stellen. Um die Ziele des zuvor erstellten Mobilitätsgutachtens zu erreichen, wurden die Aufgaben, die Organisation sowie die Finanzierung der Mobilitätsberatung detailliert geregelt. (vgl. Stadt Leipzig 2019: 37)

#### Mannheim: Franklin

Im Zuge der Entwicklung des neuen Stadtteils Franklin auf ehemaligen Militärf lächen setzt die städtische Entwicklungsgesellschaft MWSP verschiedene Maßnahmen für die Information und Beratung der Bewohner um. Beispielsweise erstellte die MWSP über mehrere Jahre eine Quartierszeitung (Franklin News), um über Planungen und Entwicklungen zu informieren. Zu dem Projekt wurden zahlreiche Broschüren über die Besonderheiten erstellt sowie eine Website aufgebaut. Ebenfalls gibt es die Möglichkeit, dass Interessierte einen Newsletter über die aktuellen Themen im Quartier erhalten. Für die Umsetzung des innovativen Mobilitätskonzepts mit vielen Angeboten wurde eigens eine Mobilitätsmanagementgesellschaft gegründet (Blue Village FRANKLIN mobil GmbH), die neben Carsharing vor Ort auch eine Mobilitätsberatung anbietet. (vgl. Website Franklin mobil; Website Franklin News)

#### Darmstadt: Lincoln-Siedlung

Um das Ziel eines Modellquartiers für nachhaltige Stadt- und Verkehrsentwicklung zu erreichen, werden bei der Entwicklung der Lincoln-Siedlung verschiedene Maßnahmen umgesetzt, um die Bewohner über die besonderen Konzepte zu informieren und zu beraten. Beispielsweise erstellt der Vorhabenträger regelmäßig eine Quartierszeitschrift (lincolnnews), um Bewohner und sonstige Interessierte über aktuelle Themen auf dem Laufenden zu halten. Bei der Entwicklung wird großer Wert auf eine möglichst umfassende Information der Bewohner gelegt. Beispielsweise wurde nach einer Veranstaltung zum Mobilitätskonzept im März 2017 eine ausführliche Dokumentation der Veranstaltung erstellt und im Internet veröffentlicht. Im Quartier wird eine Mobilitätszentrale aufgebaut, die neben anderen Aufgaben die Information und Beratung der Bewohner übernimmt. (vgl. Stete Planung/ Wissenschaftsstadt Darmstadt 2017)

#### Heidelberg: Bahnstadt (Stromsparkonzepte für verschiedene Sektoren)

Im Auftrag des städtischen Amts für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie wurden für die Sektoren Wohnen, Büro, Einzelhandel/ Fachmarkt und Labore Stromsparkonzepte erstellt. Ziel ist es, dadurch die Primärenergiekennzahl und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie den Strombedarf möglichst gering zu halten. Soweit es technisch sinnvoll darstellbar ist, wurden Mindestanforderungen aufgestellt, die bei der Qualitätssicherung des Passivhausquartiers durch die Stadt Heidelberg überprüfbar sind. Die Stromsparkonzepte zeigen auf, mit welchen Komponenten der Primärenergiekennwert für Passivhausgebäude erreicht werden kann. (vgl. Stadt Heidelberg 2017a; Stadt Heidelberg 2017b)

### H5.3 Monitoring und Evaluierung in der Nutzungsphase



Die alleinige Planung und Umsetzung von CO<sub>2</sub>-sparenden Maßnahmen reichen oft nicht aus, damit ein Quartier langfris-

tig einen Beitrag zum Klimaschutz leistet. Ebenso wichtig ist es, in der Nutzungsphase zu prüfen, ob die umgesetzten Maßnahmen die gewünschten Ziele erreichen und ob möglicherweise Anpassungen oder weitere Maßnahmen sinnvoll sind. Nicht nur in der Planungs- und Umsetzungsphase sollten sich Städte und sonstige Akteure mit Klimaschutzmaßnahmen beschäftigen, sondern auch in der Nutzungsphase des neuen Quartiers. Zentrale Fragen

bestehen darin, ob die Angebote von den Bewohnern angenommen und die Maßnahmen die gewünschten CO<sub>2</sub>-Einsparungen auch tatsächlich erreichen. Nach der Fertigstellung sollten neue Baugebiete nicht sich selbst überlassen werden, sondern es ist von großer Bedeutung, die umgesetzten Maßnahmen laufend zu beobachten und zu evaluieren sowie bei Bedarf Änderungen vorzunehmen. Bei diesem Thema können auch Probleme der Zuständigkeit auftreten, weil sich Stadtplanungsämter nach der Fertigstellung des Bebauungsplans und nach Erteilung der Baugenehmigungen meist zuständigkeitshalber aus den Projekten zurückziehen. Zielführend ist es daher, bei der Umsetzung von besonderen Konzepten bereits im Vorfeld festzulegen, wer in welcher Form später eine Evaluierung durchführt. Monitoring und Evaluierung sind insbesondere bei Maßnahmen in den Bereichen Energie und Mobilität sehr wichtig.

Beispielsweise hängt der Energieverbrauch direkt vom Nutzerverhalten ab. Gerade bei besonders ambitionierten Energieversorgungskonzepten ist es sinnvoll, in der Nutzerphase die tatsächlichen Verbräuche und die Akzeptanz bei den Bewohnern zu untersuchen. Bei komplexen technischen Energieversorgungssystemen können die Vorteile meist erst durch ein entsprechendes Nutzerverhalten ausgeschöpft werden. Wenn bei einem zu hohen Verbrauch technische Ursachen ausgeschlossen werden können, sollten Maßnahmen ergriffen werden, mit deren Hilfe unpassendes Nutzerverhalten geändert werden kann. Meist müssen Bauherren erhöhte Energiestandards nur einmalig nach der Fertigstellung des Vorhabens gegenüber der Stadt nachweisen. Eine sinnvolle Maßnahme könnte beispielsweise darin liegen, dass Bauherren in bestimmten Zeitabständen den tatsächlichen Energieverbrauch eines Gebäudes vorgelegen müssen. Um das Nutzerverhalten zu verbessern und die Bewohner zu sensibilisieren, kann es sich anbieten, in den Wohnungen Informationstechnik für die Visualisierung des Energieverbrauchs einzubauen und Bewohner gezielt über energiesparendes Wohnen zu informieren (siehe z.B. Ludmilla-Wohnpark in Landshut).

Einige Projekte, die im Rahmen des Forschungsvorhabens analysiert wurden, weisen besondere Mobilitätskonzepte auf, bei denen von vornherein auch ein Monitoring vorgeschrieben wurde. Ziel war herauszufinden, wie die Mobilitätsangebote angenommen werden und ob sie zu Veränderungen beim Mobilitätsverhalten der Bewohner führen. In vielen Fällen wird die Durchführung der Evaluierung durch einen städtebaulichen Vertrag an den Projektträger übertragen (z.B. Neues Hulsberg-Viertel in Bremen, Westlich des Hauptbahnhofs in Leipzig, Lincoln-Siedlung in Darmstadt).

Studien zum Nutzerverhalten und zur Akzeptanz verschiedener Maßnahmen zu erstellen, wird in vielen Städten aus Kostengründen nicht in Frage kommen, obwohl die daraus gewonnenen Erkenntnisse für künftige Quartiere sicherlich von großem Nutzen wären. Um dennoch

weiterführende Informationen zu erhalten, bieten sich Kooperationen mit Hochschulen mit dafür geeigneten Studiengängen an (z.B. Stadtplanung, Sozialwissenschaften). Entweder im Rahmen von Studienprojekten (z.B. Studienprojekt der RWTH Aachen: Lernen von Vauban, vgl. RWTH Aachen 2014) oder in praktischen Bachelor- oder Masterarbeiten können wissenschaftliche Untersuchungen zu verschiedenen Fragestellungen durchgeführt werden.



### Projektbeispiele

#### Landshut: Ludmilla-Wohnpark

In dem Neubaugebiet auf einer Industriebrache wurde ein Forschungsprojekt durchgeführt, um neue Erkenntnisse über umgesetzte Plusenergiesiedlungen zu gewinnen. Die Wohnungen und das Energiesystem wurden einem sog. Intensiv-Monitoring unterzogen, bei dem sich zeigte, dass Nutzer einen entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch haben und unsachgemäßes Verhalten beim Nutzenergieverbrauch zu Abweichungen von bis zu 150 % vom Siedlungsdurchschnitt führen kann. Trotz Berücksichtigung des Rebound-Effekts fiel der durchschnittliche Verbrauch um 15 bis 30 % höher aus als erwartet. In dem Forschungsprojekt wurden die Bewohner detailliert zum Energiesparen und ihrem persönlichen Verhalten befragt sowie Schulungen über energiesparendes Wohnen durchgeführt. Ebenso wurde eine Online-Plattform zur Visualisierung der individuellen Energieverbräuche für die Bewohner eingerichtet, um das Bewusstsein für den Energieverbrauch zu stärken. Bei den Untersuchungen zeigte sich, dass Bewohner beim Thema Energiesparen fast nur an Strom denken und Wärme eher weniger im Bewusstsein präsent ist. Die Bewohnerbefragung zeigte, dass Nutzer sich durch die Entscheidung für ein energieeffizientes Gebäude vor allem niedrige Nebenkosten erwarten. (vgl. Stockinger/Jensch/ Grunewald 2014: 97-104; 152-157; Durst 2016)

#### Leipzig: Westlich des Hauptbahnhofs

Im Rahmen der Brachflächenrevitalisierung soll ein innovatives Mobilitätskonzept umgesetzt werden. Im städtebaulichen Vertrag verpflichtete die Stadt den Vorhabenträger, in Abstimmung mit ihr eine repräsentative Evaluierung zum Mobilitätsverhalten der Bewohner, Gewerbetreibenden und sonstigen Nutzer im Quartier durchzuführen. Die wesentlichen Punkte für die Untersuchung wurden im Vertrag festgelegt. Die Untersuchung ist erstmals sechs bis zwölf Monate nach Bezug durchzuführen und alle zwei Jahre zu wiederholen. Die Ergebnisse sind der Stadt zur Verfügung zu stellen. Bei den Kosten wurde von ca. 10.000 € pro Untersuchung ausgegangen, die vom Projektträger zu übernehmen sind. (vgl. Stadt Leipzig 2019: 39)

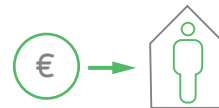
#### Bottrop: Plusenergiehaus im geförderten Wohnungsbau

Die Gesellschaft für Bauen und Wohnen Bottrop mbH errichtete 2015 als ein Modellprojekt der InnovationCity Ruhr, Modellstadt Bottrop das erste Plusenergiehaus im geförderten Wohnungsbau in Nordrhein-Westfalen. Das Gebäude mit sechs Wohnungen wurde als Passivhauses errichtet. Der gesamte Energieverbrauch für Strom und Wärme wird über eine Photovoltaik-Anlage, eine Geothermie-Wärmepumpe sowie eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung gedeckt. Zudem wird das anfallende Grauwasser (v.a. der Duschen) als Wärmequelle für die vorhandene Wärmepumpenheizung erschlossen. Der Energieertrag als auch der Verbrauch des Hauses werden anhand eines Monitorings erfasst, ausgewertet und im Eingangsbereich des Gebäudes digital angezeigt. Auf diese Weise erfahren die Bewohner unmittelbar, wie es um den Energieverbrauch des Hauses steht und entwickeln ein Bewusstsein für den Umgang mit Strom und Wärme. Im Eingangsbereich des Hauses wurden die wesentlichen Bausteine des Energiekonzepts als Gestaltungselement auf die Fassade geschrieben. (vgl. Website Energieagentur NRW; Website Kommunal.de)

#### Heidelberg: Bahnstadt

Auf einer ehemaligen Bahnfläche entsteht zur Zeit die weltweit größte Passivhaussiedlung. Der Erfolg des Passivhaus-Baugebietes wird mit Hilfe eines Monitorings für einen Teil der Wohngebäude überprüft. Je Baufeld (in der Regel mehr als 100 Wohnungen) werden die monatlichen Zählerablesungen für den gesamten Wärmeverbrauch (Heizung, Warmwasser, Verluste etc.) ausgewertet. Die Erstellung des letzten umfangreichen Berichts 2016, der im Internet veröffentlicht wurde, wird im Rahmen eines EU-Projekts (PassReg) gefördert. (vgl. Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist/ Peper 2016)

## H5.4 Förderungen und Vergünstigungen



Um gezielt energiesparendes Wohnen zu unterstützen, können auch Förderungen speziell für Bewohner in einem neuen

Baugebiet in Frage kommen. Neben Förderprogrammen auf Landes- oder Bundesebene (z.B. für Elektroautos) können auch kommunale Förderungen eine Möglichkeit darstellen. Beispielsweise könnte durch entsprechende kommunale Programme der Austausch von alten Elektrogeräten finanziell gefördert werden. Insbesondere im Mobilitätsbereich könnten Vergünstigungen zur Attraktivierung des Umweltverbunds beitragen. Denkbar wären z.B. ermäßigte ÖPNV-Tickets oder Tarife beim Carsharing (in der Anfangsphase oder auch langfristig) oder finanzielle Hilfen bei der Anschaffung von Lastenfahrrädern. Es gibt einige Städte, die eigene Förderprogramme für die Gesamtstadt aufgelegt haben, um Maßnahmen zum Klimaschutz voranzutreiben (z.B. Heidelberg: Förderungen von bis zu 10.000 € für ein Auto mit alternativem Antrieb, vgl. Website Stadt Heidelberg; Stuttgart: Kühlschrankschrank-tauschprogramm, vgl. Website LHS)

### Weitere kommunale Handlungsoptionen im Überblick

- Beteiligung der Bewohner an der Energieversorgung (z.B. Bürgerenergieprojekte) zur Steigerung der Akzeptanz und Identifikation
- Aufbau eines Quartiersmanagements von Anfang an: Beratungen und Informationen auch zu den Themen Energie und Mobilität (Finanzierung ggf. über Projektträger)

# FAZIT UND AUSBLICK





7

# 7 FAZIT UND AUSBLICK

Die Beschäftigung mit dem Thema Klimawandel zu Beginn des Forschungsprojekts zeigte, dass möglichst schnell und möglichst weitreichend auf allen Ebenen Maßnahmen für den Schutz des Klimas ergriffen werden sollten. Es bieten sich vielfältige und wirkungsvolle Möglichkeiten an, um in Neubaugebieten Maßnahmen sowohl zum Schutz des Klimas als auch zur Anpassung an den Klimawandel umzusetzen. Prioritäres Ziel von Städten sollte es sein, neue Quartiere so zu entwickeln, dass sie der Erwärmung des Klimas entgegenwirken, indem sie möglichst wenige CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen. Neubaugartiere bieten ein großes Potenzial, um Treibhausgasemissionen zu reduzieren und Ressourcen zu schonen. Von großer Bedeutung ist es, Belange des Klimaschutzes eng mit den sonstigen aktuellen Herausforderungen der Stadtentwicklung abzustimmen und abzuwägen. Energie, Mobilität, Soziales (Mischung, Integration, demografischer Wandel), bezahlbares Wohnen, Baukultur und städtebauliche Qualität sowie sonstige Umweltbelange sollten integriert betrachtet und in einen Ausgleich gebracht werden. Dabei sind Zielkonflikte meist unvermeidbar. Im Laufe des Planungsprozesses sollte eine intensive und transparente Auseinandersetzung mit den Zielkonflikten stattfinden und diese ggf. auch politisch entschieden werden. Die Kompetenzen, Zuständigkeiten und Einflussmöglichkeiten sind beim Thema Klimaschutz derart breit über die Ebenen Bund, Land, Kommunen und innerhalb von Kommunen über Dezernate und Ämter verstreut, sodass die Entwicklung eines klimaschonenden Quartiers eine hochkomplexe Aufgabe darstellt, die kein Akteur allein erfüllen kann. Bund und übergeordnete Rahmenbedingungen hängen beim Thema Klimaschutz teilweise noch hinterher. Städte haben jedoch vielfältige Möglichkeiten, voranzugehen und über den Mindeststandard hinaus Maßnahmen zu realisieren. Erfolgreich umgesetzte Klimaschutzkonzepte bieten Städten zudem auch die Chance, sich als zukunftsorientiert und fortschrittlich zu positionieren und zu profilieren.

## Konzepte auf Quartiersebene

Das Quartier bietet eine optimale Planungsebene zwischen allgemeinen kommunalen Zielen auf Stadtebene und der Betrachtung einzelner Lösungen auf Gebäudeebene. Ohne quartiersbezogene Konzepte insbesondere in den Bereichen Energie und Mobilität entstehen allerdings nur Einzellösungen, die die Potenziale für ein klimaverträgliches Wohnen und Leben in einem neuen Baugebiet nicht ausschöpfen. Gerade wenn Baugebiete

kleinteilig mit unterschiedlichen Bauherren entwickelt werden, sollten Städte in unterschiedlichen Bereichen (v.a. Energie, Mobilität, Gemeinschaftsräume) quartiersbezogene Konzepte forcieren. Konzepte, die über das einzelne Gebäude hinausgehen, bieten über lange Sicht viele Vorteile (siehe z.B. Aufbau eines Wärmenetzes S. 70 ff., Maßnahmen zur energetischen Sektorenkopplung). Quartiersbezogene Konzepte sind allerdings immer mit der schwierigen Frage verbunden, welcher Akteur die erforderlichen Anlagen oder Angebote aufbaut und langfristig betreibt (z.B. Energieversorgungssystem, Mobilitätsangebote).

Die verschiedenen Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts zeigten, dass Städten eine Vielfalt an Ansatzpunkten und Möglichkeiten zur Verfügung steht, um Stadtquartiere möglichst ohne eine weitere Belastung des Klimas zu entwickeln (siehe Kap. 6). Inwieweit sich aufwändige Konzepte umsetzen bzw. auf Dritte übertragen lassen, hängt auch stark mit dem Wachstumsdruck in einer Stadt zusammen. Je höher der Druck auf dem Immobilienmarkt ist, umso höher können auch die Anforderungen an die Projektentwickler bzw. Bauherren sein. Allerdings sollte dies nicht zu unververtretbaren Kostensteigerungen für das Wohnen führen.

## Klimaschonung bei der Quartiersplanung

Die Entwicklung von Quartieren, die der Klimaerwärmung entgegenwirken und damit klimaschonend sind, ist eine hochkomplexe und vielschichtige Aufgabe, bei der viele Themen von Anfang zu berücksichtigen sind. Die Recherchen und die Projektbegleitung von Spinelli im Rahmen von i\_city haben gezeigt, dass neue Baugebiete vielfältige Potenziale haben, um über die städtebauliche Planung, bauleitplanerische und vertragliche Sicherungen sowie über Vorgaben bei der Objektplanung und baulichen Realisierung die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. Wie in Kap. 6 aufgezeigt stehen Städten zahlreiche Handlungsoptionen zur Verfügung, um die Entstehung von CO<sub>2</sub>-armen Quartieren voranzutreiben.

Zusammenfassend zeichnet sich eine klimaschonende Bebauung durch folgende Merkmale aus:

- möglichst effiziente und regenerative Versorgung mit Strom, Wärme und ggf. Kälte (Nutzung erneuerbarer, vor Ort vorhandener Energiequellen, hohe Effizienz der eingesetzten Energieträger, Sektorenkopplung (Power-to-Heat, Power-to-Vehicle etc.) zur maximalen Ausnutzung der vor Ort erzeugten Energie im Quartier)

- ressourcenschonender Städtebau (geringe Flächeninanspruchnahme durch hohe Dichte, solarenergetische Optimierung)
- energetisch optimierte Gebäude (hoher Energiestandard, Verwendung nachhaltiger Baustoffe)
- umweltfreundliche Mobilität (MIV-reduzierende Baustruktur, Umweltverbund, Elektromobilität)
- hohe Akzeptanz und klimaschonendes Nutzerverhalten der Bewohner (Minimierung des Energiebedarfs)

Bei städtebaulichen Planungen sollten die Belange des Klimaschutzes während des gesamten Planungsprozesses und auch in der Nutzungsphase berücksichtigt werden. Wenn Quartiere klimaschonend entwickelt werden sollen, muss bereits auf der Ebene des Städtebaus angesetzt werden. Flächensparende, kompakte und nutzungsgemischte Quartiere dienen der Verkehrsvermeidung und dem Klimaschutz. Durch eine hohe Bebauungsdichte können ideale Voraussetzungen für eine effiziente Wärmeversorgung über Wärmenetze und für eine gute Ausstattung mit sozialer Infrastruktur geschaffen werden. Wesentliche Hemmnisse für die Umsetzung von klimaschonenden Konzepten sind die hohen Kosten für die anfängliche Investition, aber auch oft für den laufenden Betrieb sowie der meist zeitliche und organisatorische Mehraufwand im Vergleich zu konventionellen Lösungen. Finanzielle Unterstützungen durch gezielte Förderprogramme sind daher aktuell für die Realisierung klimafreundlicher Baugebiete von großer Bedeutung. Es könnte aber auch auf der Kostenseite angesetzt werden. Verteuerungen von fossilen Technologien oder eine höhere Bepreisung von Treibhausgasemissionen (z.B. CO<sub>2</sub>-Steuer) könnten durch den dann geringeren Kostenunterschied regenerative Konzepte konkurrenzfähiger werden. Angesichts der Dringlichkeit, bezahlbarem Wohnraum zu schaffen, sollten bei allen Klimaschutzmaßnahmen immer auch die Auswirkungen auf die Wohnkosten bedacht werden.

Die Bemühungen, neue Baugebiete klimaschonend zu entwickeln, sollten immer im gesamtstädtischen Kontext gesehen werden. Angesichts der Tatsache, dass der größte Teil der Städte bereits gebaut ist und es im Bestand wegen der niedrigen Sanierungsquoten noch viele Gebäude mit einem viel zu hohem Energieverbrauch gibt, sollte auch abgewogen werden, in welchen Bereichen die vorhandenen personellen und finanziellen Kapazitäten eingesetzt werden, um den größten Effekt für den Klimaschutz zu erreichen. Keinesfalls sollte der Bestand aus den Augen verloren werden, bei dem Klimaschutzmaßnahmen deutlich schwieriger umzusetzen sind als bei der Planung neuer Baugebiete, bei denen Städte weitreichende Handlungs- und Einflussmöglichkeiten haben.

## Fokusthema Energieversorgung

Wegen der hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen, die die Energieversorgung verursachen kann, wurde der Fokus im i\_city-Forschungsprojekt und in der Publikation auf dieses Handlungsfeld gelegt. Bei der Entwicklung von Neubaugebieten sollte das Ziel verfolgt werden, zunächst die Bedarfe an Strom, Wärme und Kälte zu senken und möglichst viel Energie mit lokal verfügbaren, erneuerbaren Energiequellen zu erzeugen. Um die energiebedingten Emissionen auf der Quartiersebene so gering wie möglich zu halten, ist eine ideale Kombination aus energetischem Baustandard, energieeffizienter und regenerativer Energieversorgung sowie energiesparendem Nutzerverhalten erforderlich. Zentrale Fragen bei einer quartiersbezogenen Energieversorgung liegen in der technischen Machbarkeit, der Versorgungssicherheit und der wirtschaftlichen Darstellbarkeit.

Ein neues Baugebiet möglichst CO<sub>2</sub>-arm mit Energie zu versorgen, ist ein komplexes Vorhaben, das von vielen Rahmenbedingungen und vor allem von der Mitwirkungsbereitschaft der Akteure abhängt. Wie in Kapitel 3.9 dargestellt sind zum Teil konträre Interessen der verschiedenen Akteure zu berücksichtigen und miteinander zu vereinbaren. Auch wenn das Thema Klimaschutz immer wichtiger und von vielen Seiten befürwortet wird, so fehlt es doch oft an der Bereitschaft, für Maßnahmen, die das Klima schützen, Mehrkosten zu übernehmen oder auf Gewinne zu verzichten. Umgesetzt werden sollten jene Energiesysteme, die den größten sozioökonomischen und ökologischen Vorteil bieten, und nicht jene mit dem größten Profit für den Betreiber.

Im Mittelpunkt der Energiewende in Deutschland steht bislang die Stromerzeugung und weniger die Wärmeversorgung oder die Mobilität, die ebenfalls hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen. Bei der Wärme liegt der Schwerpunkt eher auf Effizienzmaßnahmen im Gebäudebereich als auf regenerativen Versorgungssystemen. Bei der Entwicklung von Neubaugebieten bietet sich die Chance, für die energierelevanten Bereiche Strom, Wärme und Mobilität klimaschonende Konzepte zu entwickeln und diese frühzeitig in die Planungen einfließen zu lassen sowie mit den anderen für die Stadtentwicklung bedeutsamen Handlungsfeldern wie Bezahlbarkeit in Einklang zu bringen. Mit neuen Baugebieten werden bauliche Rahmenbedingungen für viele Jahrzehnte geschaffen. Daher sollten sich Städte intensiv damit befassen, wie der Energiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen gesenkt werden können, auch wenn dies für sie und für andere Akteure mit einem Mehraufwand verbunden ist. Der Schutz des Klimas ist eine Verpflichtung gegenüber künftigen Generationen und bei der Entwicklung neuer Quartiere besonders wirkungsvoll umsetzbar, da direkt bei den großen CO<sub>2</sub>-Emittenten (Energieversorgung, Verkehr) angesetzt werden kann. Bei der Entwicklung neuer Baugebiete sollten Verbrauch und Erzeugung von Energie aufeinander-

der abgestimmt und über ein intelligentes System vorausschauend gesteuert werden. Durch die Erarbeitung von Energieversorgungskonzepten können Einsparpotenziale aktiviert und Treibhausgasemissionen gesenkt werden. Die Konzipierung, Planung und Umsetzung einer CO<sub>2</sub>-armen Energieversorgung führen in der Regel aber zu einem hohen Bedarf an Information, Koordination, Kooperation und zu einem zeitlichen und finanziellen Mehraufwand.

Die Umsetzung regenerativer Energieversorgungskonzepte auf der Quartiersebene, die lokal vorhandene Energiequellen nutzen, hat viele Vorteile nicht nur für den Klimaschutz, sondern auch für andere Problemstellungen. Beispielsweise kann durch die Nutzung von lokal vorhandenen Energiequellen die starke Abhängigkeit von Energieimporten reduziert und die Wertschöpfung am Ort gehalten werden. Denn jährlich werden mehrere Milliarden Euro für den Import von fossilen Energieträgern ins Ausland gezahlt und somit dem lokalen Wirtschaftskreislauf entzogen.

Im energetischen Bereich müssen zahlreiche gesetzliche Regelungen (z.B. EnEV) sowie kommunale, nationale oder europäische Vorgaben und Zielsetzungen berücksichtigt werden. Eine Schwierigkeit kann darin bestehen, dass große Stadtentwicklungsprojekte über Jahre in mehreren Bauabschnitten realisiert werden und sich währenddessen die Rahmenbedingungen in Bezug auf Energie weitreichend ändern können. So soll beispielsweise in Kürze nach jahrelangen Diskussionen das Gebäudeenergiegesetz in Kraft treten. Lange war nicht klar, welche gesetzlichen Mindeststandards gefordert werden, oder ob eine CO<sub>2</sub>-Steuer eingeführt wird.

## Rolle von Städten und der Stadtplanung

Die verschiedenen Untersuchungen im Forschungsprojekt zeigten, wie wichtig es ist, dass Städte bei der Entwicklung von neuen Baugebieten eine aktive Rolle übernehmen und die zur Verfügung stehenden Steuerungs- und Einflussmöglichkeiten konsequent nutzen (siehe Kap. 6). Dass ambitionierte Bauträger besonderer Energie- oder Klimaschutzkonzepte von sich aus umsetzen, ist die Ausnahme. Angesichts der Komplexität und Dringlichkeit vieler Themen kann es bei der Entwicklung von Quartieren keine einfachen Standardlösungen mehr geben. Die Flächen, die jetzt (noch) bebaut werden, müssen einen optimalen Beitrag zum Klimaschutz und zur Stadtentwicklung leisten. In Verwaltungen muss verstärkt um die besten Lösungen gerungen werden – dafür sind Zeit und finanzielle wie personelle Ressourcen erforderlich, um den erhöhten Planungsaufwand bewerkstelligen zu können. Für die Umsetzung von klimaschonenden Baugebieten ist das Verwaltungshandeln von großer Bedeutung. Auf kommunalem Grundeigentum

sind die Regelungs- und Durchsetzungsmöglichkeiten mit Abstand am größten. Bei Grundstücken im Fremdeigentum haben Städte einige Möglichkeiten, Maßnahmen hoheitlich durchzusetzen. Zielführender ist es allerdings, sich über den Verhandlungsweg in einem kooperativen Verfahren mit Investoren über möglichst hohe Zielsetzungen zu verständigen und diese entsprechend vertraglich zu sichern. Da der Erfolg bei der Realisierung von klimaschonenden Quartieren immer auch von den Akteuren und deren Mitwirkungsbereitschaft abhängt, lohnt es sich einen genauen Blick darauf zu werfen, wer welche Interessen im Entwicklungsprozess verfolgt, um im Idealfall Win-win-Situationen zu schaffen. Ziel sollte es sein, dass in einem neuen Baugebiet Gebäude entstehen, die sich durch einen geringen Einsatz von Energie und Ressourcen bei der Herstellung und im Betrieb auszeichnen und dabei gestalterische und funktionale Qualitäten sowie eine hohe Nutzerzufriedenheit aufweisen. Die vielen dabei auftretenden Zielkonflikte erfordern eine ständige Abwägung zwischen Anforderungen der Energieeinsparung und -versorgung, der Kosten und Bezahlbarkeit, der Gestaltungsqualität und sozialen Aspekten.

Für Fragen der Energieversorgung gibt es in Stadtverwaltungen häufig keine hinreichenden Kompetenzen und Kapazitäten. Der kommunalen Stadtplanung wird dabei eine zentrale Rolle zugesprochen. Deren Aufgaben dürfen sich nicht nur auf die Schaffung von Planungsrecht und auf städte- und hochbauliche Fragen konzentrieren, sondern ebenso wichtig ist es, sich frühzeitig mit der Energieversorgung zu beschäftigen.

## Instrumente und kommunale Steuerungsmöglichkeiten

Städte können für die Entwicklung von klimaschonenden Quartieren auf eine Bandbreite an formellen und informellen Planungsinstrumenten zurückgreifen. Sie haben durch ihre Planungshoheit weitreichende Möglichkeiten, einen wirksamen städtebaulichen Klimaschutz voranzutreiben. Je nach Eigentumsverhältnissen der Entwicklungsfläche haben Städte unterschiedliche Möglichkeiten, um die Bau-, Nutzungs- und Bewohnerstruktur, den Gebäudeenergiestandard und die Wärmeversorgung zu beeinflussen. Die Aufarbeitung der kommunalen Handlungsoptionen und Steuerungsinstrumente in Kap. 6 zeigt, dass Städte auch bei Grundstücken im Fremdeigentum durch städtebauliche Verträge weitreichende Möglichkeiten haben, um die Umsetzung von Maßnahmen den Planungsbegünstigten zu übertragen. Ein wichtiges Instrument, auf das immer mehr Städte zurückgreifen, sind Konzeptvergabeverfahren. Im Wettbewerb um begehrte Grundstücke können potenzielle Bauherren dazu angespornt werden, besonders ambitionierte und bedarfsgerechte Lösungen für ihre Projekte zu erarbei-

ten. Ein weiteres sehr wirkungsvolles Mittel sind Wettbewerbe zu innovativen Energieversorgungskonzepten, die mehrere mögliche Versorger (Stadtwerke, Contractoren und größere Energieversorger) ansprechen. Durch einen solchen Wettbewerb sind die Akteure, insbesondere auch die lokalen Stadtwerke, gezwungen sich mit innovativen und nachhaltigen Versorgungskonzepten zu beschäftigen und sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch sinnvolle Versorgungslösungen zu entwickeln. Grundlegende Rahmenbedingungen für so einen Wettbewerb können z.B. durch vorgelagerte Energiekonzepte geschaffen werden.

Bei der Entwicklung klimaschonender Quartiere muss der klassische Planungsprozess und Betrachtungszeitraum in der Stadtplanung sowohl im Vorfeld als auch im Nachgang erweitert werden. Das Thema Klimaschutz muss von Anfang an in den Planungen berücksichtigt werden. Die Energie- und Stoffströme eines Quartiers sollten den gesamten Lebenszyklus umfassen – also insbesondere auch die jahrelange Nutzungsphase. Die Beschäftigung mit einem neuen Quartier darf nicht mit dem Abschluss der letzten Baumaßnahmen seitens der Stadt enden.

Wie bei Gebäuden sollten bei Quartiersentwicklungen die CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen relevanten Sektoren (v.a. Gebäude, Verkehr) über den gesamten Lebenszyklus betrachtet und durch entsprechende Maßnahmen optimiert werden. Es fehlt an einfachen und praktikablen Methoden zur Erfassung der gesamten Energieflüsse und CO<sub>2</sub>-Emissionen von Stadtquartieren über den gesamten Lebenszyklus.

Belange wie Energie oder Verkehr werden meist nur sektoral betrachtet. Themen wie Abwasser und Müll bleiben oft gänzlich unberücksichtigt. Daher ist es schwierig, zu entscheiden, wie die zur Verfügung stehenden Mittel am effizientesten für die Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen eingesetzt werden. Ist es in der Gesamtschau sinnvoller in einen hohen Gebäudeenergiestandard, in ein quartiersbezogenes Energieversorgungssystem oder in ein besonderes Mobilitätskonzept zu investieren? Konzepte, die alle relevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Quartiers ganzheitlich berücksichtigen, sind von großer Bedeutung. Dazu gibt es kaum fundierte Erkenntnisse und somit nach wie vor großen Forschungsbedarf.

# ANHANG

- 174 Abkürzungsverzeichnis
- 176 Abbildungsverzeichnis
- 177 Literaturverzeichnis
- 187 Literaturverzeichnis Projektanalysen



8

# 8 ANHANG

## 8.1 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

§	Paragraf	EGH	Entwicklungsgesellschaft Heidelberg
%	Prozent	EnEG	Energieeinsparungsgesetz
°	Grad	EnEV	Energieeinsparverordnung
€	Euro	et al.	und andere
a	Jahr	EU	Europäische Union
Ä	Äquivalent	EW	Einwohner
A/V-Verhältnis	Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis	EZFH	Ein- und Zweifamilienhaus
Abb.	Abbildung	f.	folgend
Abs.	Absatz	ff.	fortfolgend
AG	Aktiengesellschaft	FW	Fernwärme
B-Plan	Bebauungsplan	g	Gramm
BA	Bauabschnitt	GEG	Gebäudeenergiegesetz
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle	GemO	Gemeindeordnung
BauGB	Baugesetzbuch	ggf.	gegebenenfalls
BauNVO	Baunutzungsverordnung	GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung	GuD	Gas- und Dampfturbinenkraftwerk
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung	H	Handlungsoption
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.	ha	Hektar
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch	HFT	Hochschule für Technik Stuttgart
BGBI.	Bundesgesetzblatt	Hg.	Herausgeber
BHKW	Blockheizkraftwerk	HKW	Heizkraftwerk
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz	HU	Heizungsunterstützung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung.	HZ	Heizzentrale
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit	i_city	intelligente Stadt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	IHK	Industrie- und Handelskammer
BremBO	Bremische Bauordnung	IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
BUGA	Bundesgartenschau	inkl.	inklusive
BWK	Brennwertkessel	InWIS	Institut für Wohnungswesen, Immobilienwirtschaft, Stadt- und Regionalentwicklung an der Ruhr-Universität Bochum
bzw.	beziehungsweise	IRR	interner Zinsfuß (Internat Rate of Return)
C	Celsius	ISO	International Organization for Standardization
ca.	circa	IT	Informationstechnik
CDU	Christlich Demokratische Union Deutschlands	Kap.	Kapitel
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid	KEAne	nicht erneuerbarer kumulierter Energieaufwand
CSU	Christlich-Soziale Union	KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
ct.	Cent	Kfz	Kraftfahrzeug
d.h.	das heißt	kg	Kilogramm
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.	KIT	Karlsruher Institut für Technologie
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik	km	Kilometer
DIN	Deutsches Institut für Normung	kWh	Kilowattstunde
Dr.	Doktor	KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
E	Elektro	KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
EDS	Energiedienste Stuttgart	kWp	Kilowatt peak
EE	Erneuerbare Energien	l	Liter
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz	LBO	Landesbauordnung
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz	LHS	Landeshauptstadt Stuttgart
EffH	Effizienzhaus	LoD	Level of Detail
EFH	Einfamilienhaus	lt.	laut
EG	Erdgeschoss	m	Meter



m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
max.	maximal
MFH	Mehrfamilienhaus
mind.	mindestens
Mio.	Million
MIV	motorisierter Individualverkehr
Mrd.	Milliarde
MVV	Mannheimer Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft
MWh	Megawattstunde
MWSP	MWS Projektentwicklungsgesellschaft mbH
nawaros	Nachwachsende Rohstoffe
Nr.	Nummer
NRW	Nordrhein-Westfalen
o.J.	ohne Jahr
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
PEF	Primärenergiefaktor
PE	Projektentwickler
Pkw	Personenkraftwagen
Prof.	Professor
PV	Photovoltaik
Rn.	Randnummer
S.	Seite
s.u.	siehe unten
sog.	sogenannt
SPD	Sozialdemokratische Partei Deutschlands
StMI	Bayerisches Staatsministerium des Innern
SUV	Sport Utility Vehicles
SWE	Stadtwerke Esslingen
t	Tonne
TU	Technische Universität
TWW	Trinkwarmwasser
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
u.a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
US	Vereinigte Staaten von Amerika
v.a.	vor allem
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vers.	verschiedene
vgl.	vergleiche
W	Watt
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WE	Wohneinheiten
Wfl.	Wohnfläche
WW	Warmwasserbereitung
z.B.	zum Beispiel
zafh.net	Zentrum für Nachhaltige Energietechnik
ZGG	Zentrum für Geodäsie und Geoinformatik
ZNS	Zentrum für Nachhaltige Stadtentwicklung

## 8.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Die Abbildungen erscheinen mit freundlicher Genehmigung der Rechteinhaber. Wo diese nicht ermittelt werden konnten, werden berechnete Ansprüche im Rahmen des Üblichen abgegolten.

Hinweis: Die Links zu den in den Bildquellen genannten Websites befinden sich im Literaturverzeichnis.

Abb. 1: Handlungsfelder des Forschungsprojekts i\_city der HFT

Abb. 2: Fragestellung der Publikation

Abb. 3: Aufbau der Publikation

Abb. 4: Emissionen der von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckten Treibhausgase

Abb. 5: durchschnittliche jährliche Treibhausgasbilanz eines deutschen Bürgers

Abb. 6: Effizienzhausstandards nach EnEV

Abb. 7: Berechnungsmethodik für den Wärmebedarf nach EnEV

Abb. 8: aktuelle Herausforderungen der Stadtentwicklung im Überblick

Abb. 9: Privathaushalte – Energieverbrauch 2017

Abb. 10: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren

Abb. 11: Entwicklung der energiebedingten Treibhausgasemissionen nach Quellgruppen

Abb. 12: direkte und indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bedarfsfeld Wohnen

Abb. 13: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Anwenderbereich im Bedarfsfeld Wohnen - 2015

Abb. 14: Prozesskette von Primär- zu Nutzenergie

Abb. 15: Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern

Abb. 16: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (2019)

Abb. 17: Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Abb. 18: beispielhafte Strompreiszusammensetzung für Haushaltskunden mit einem Jahresverbrauch zw. 2.500 und 5.000 kWh (2019)

Abb. 19: Photovoltaikanlagen in Gebäuden

Abb. 20: Energieflüsse von Strom aus privaten PV-Aufdachanlagen

Abb. 21: Mieterstrommodell mit Contractor

Abb. 22: Anzahl der Elektroautos in Deutschland

Abb. 23: Anteil erneuerbare Energien am Bruttostromverbrauch, am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte, sowie am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor

Abb. 24: Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte 2008 und 2017 (ohne Verkehr)

Abb. 25: Heizenergieträger und Heizsysteme aller Haushalte in Deutschland 2019

Abb. 26: direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen von Feuerungsanlagen der privaten Haushalte

Abb. 27: Vergleich durchschnittliche 70 m<sup>2</sup> große Wohnung im Mehrfamilienhaus (2018)

Abb. 28: Entwicklung der Heizkosten in Deutschland

Abb. 29: zur Heizung verwendete primäre Energien in fertiggestellten Mehrfamilienhäusern (Wohngebäude) (2018)

Abb. 30: Entwicklung der Beheizungsstruktur im Wohnungsneubau (Wohneinheiten in EZFH und MFH) in Deutschland

Abb. 31: Energieflussdiagramm nach EnEV

Abb. 32: Treibhausgasemissionen von fossiler und erneuerbarer Wärme

Abb. 33: je Kilowattstunde Heizwärme verursachte CO<sub>2</sub>-Emissionen

Abb. 34: Übersicht Wärmemarkt

Abb. 35: CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr nach Heizungsart für eine 100 m<sup>2</sup> große Neubauwohnung (Berechnung mit CO<sub>2</sub>-Rechner des Umweltbundesamts)

Abb. 36: Gegenüberstellung der jährlichen Energieerträge unterschiedlicher Energielieferanten in Bezug auf 1 m<sup>2</sup> Erzeugungsfläche

Abb. 37: schematische Darstellung der Funktionsweise einer Wärmepumpe

Abb. 38: Energieeinsatz zur Fernwärmeerzeugung in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung

Abb. 39: schematische Darstellung kommunaler Wärmeplattformen

Abb. 40: Prinzipdarstellung Wärmenetze

Abb. 41: spezifische monatliche Heizkosten mit Förderung im großen MFH

Abb. 42: Akteure der Energieversorgung

Abb. 43: Projekt Holz 4 in Nullenergiestadt (Schankula Architekten)

Abb. 44: Blick auf die Neubebauung

Abb. 45: städtebauliches Konzept

Abb. 46: Wohnungsbau an der Hafenkante

Abb. 47: Lageplan Jenfelder Au (o.M.)

Abb. 48: Blick auf die Bebauung der Bahnstadt

Abb. 49: Blick auf die Neubauten des Modellquartiers

Abb. 50: Luftbild der Plusenergiesiedlung

Abb. 51: Lageplan des Stadtteils FRANKLIN

Abb. 52: sichtbarer Solarspeicher in Gebäude

Abb. 53: Neubau Energiezentrale und Quartiersparkhaus

Abb. 54: kleinteilige Bebauung Bebauung des Olga-Areals

Abb. 55: Blick in gemeinschaftlichen Innenhof

Abb. 56: Workshop im Januar 2018 im Rahmen des Forschungsprojekts

Abb. 57: Sammlung von Ideen für das Klimaschutzkonzept

Abb. 58: Überblick über Mannheims Konversionsflächen

Abb. 59: bislang Abschottung des Kasernenareals

Abb. 60: Blick auf die ungenutzten Kasernengebäude

Abb. 61: Luftbild der Spinelli Barracks von Norden

Abb. 62: Modell des neuen Quartiers

Abb. 63: Grafic Recording bei einer Infoveranstaltung

Abb. 64: städtebauliches Konzept für Spinelli (Stand 2019)

Abb. 65: bestehendes Fernwärme- und Gasnetz im Bereich Spinelli

Abb. 66: Handlungsfelder im Überblick

Abb. 67: von der HFT formulierte Ziele für Spinelli im Überblick

Abb. 68: Heizwärmebedarf der Gesamtbebauung

Abb. 69: Bedarfe der Gesamtbebauung

Abb. 70: Abgrenzung der verschiedenen Betrachtungsbereiche

Abb. 71: Bedarfe der Bebauung in Bauabschnitt 1 (BA1)

Abb. 72: Heizwärmebedarfe im Bauabschnitt 1

Abb. 73: Bedarfe der Bebauung in Block 4

Abb. 74: energetische Potenziale im Bereich Spinelli im Überblick

Abb. 75: Potenziale für die Energiegewinnung im Bereich Spinelli

Abb. 76: Darstellung und Kategorisierung der Teilgebiete

Abb. 77: verschiedene Versorgungssysteme in der Gesamtbebauung

Abb. 78: Schema Netzstruktur bei Gebäudeanschluss

Abb. 79: Schema Netzanschluss bei blockinterner Verteilung

Abb. 80: Prinzipdarstellung Agrothermie

Abb. 81: Versorgungsvarianten

Abb. 82: Energiekonzept von Variante 3: Prinzipdarstellung

Abb. 83: Akteursbeziehungen und Organisationsmodell bei der blockweisen Anbindung von Variante 3

Abb. 84: Investitionskosten der Varianten (ohne Förderungen) für Block 4

Abb. 85: jährliche Ausgaben und Einnahmen (ohne Investitionskosten + Förderungen)

Abb. 86: kumulierter und diskontierter Cash-Flow der vier untersuchten Varianten

Abb. 87: Block 4 Investitionskosten und Kapitalwert der Varianten

Abb. 88: CO<sub>2</sub>-Emissionen Block 4 im Vergleich

Abb. 89: Nutzung des Kollektorfelds im Klimapark für Wärme im Winter und Kühlung im Sommer

Abb. 90: Handlungsfelder für eine klimaschonende Bebauung

Abb. 91: Handlungsoptionen von Städten, wenn sich das Grundstück im Eigentum eines Projektentwicklers (PE) befindet

Abb. 92: Themen und Anforderungen in Energiegutachten

Abb. 93: stadtplanerische Einflussgrößen auf den Energieverbrauch – Gebietsebene

Abb. 94: Energieaufwand über 50 Jahre für das untersuchte Typgebäude Mehrfamilienhaus Neubau in BBSR-Studie

Abb. 95: CO<sub>2</sub>-Bilanz von Energiekonzepten übliche Bauweise Neubau MFH

## 8.3 LITERATURVERZEICHNIS

- Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (Hg.) 2013: Erneuerbare Wärme. Klimafreundlich, wirtschaftlich, technisch ausgereift. Renew's Spezial. Ausgabe 63/ Januar 2013, Berlin. Online abrufbar: [http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/164.63\\_Renews\\_Spezial\\_Erneuerbare\\_Waerme\\_online.pdf](http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/164.63_Renews_Spezial_Erneuerbare_Waerme_online.pdf) (Zugriff am 29.07.2019)
- AGFW 2014: Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 1. Energetische Bewertung von Fernwärme - Bestimmung der spezifischen Primärenergiefaktoren für Fernwärmeversorgungssysteme. Mai 2014.
- AGFW 2018: AGFW - Hauptbericht 2017. Frankfurt am Main. Online abrufbar: [https://www.agfw.de/index.php?eID=tx\\_securedownloads&p=436&u=0&g=0&t=1566555581&hash=423d284368570ddf0e7e7e3a7d7ed8ad17d9c&file=fileadmin/user\\_upload/Zahlen\\_und\\_Statistiken/Version\\_1\\_HB2017.pdf](https://www.agfw.de/index.php?eID=tx_securedownloads&p=436&u=0&g=0&t=1566555581&hash=423d284368570ddf0e7e7e3a7d7ed8ad17d9c&file=fileadmin/user_upload/Zahlen_und_Statistiken/Version_1_HB2017.pdf) (Zugriff am 22.08.2019)
- Amtsblatt der Europäischen Union 2004: RICHTLINIE 2004/8/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Februar 2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG.
- Amtsblatt der Europäischen Union 2018: 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. 19.6.2018. L 156/75
- Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme 2017: Planungshandbuch Fernwärme, Schlussbericht 6. April 2017. Online abrufbar: [https://www.energie-zentral-schweiz.ch/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Planungshilfen/Planungshandbuch\\_Fernwaerme\\_V1.0x.pdf](https://www.energie-zentral-schweiz.ch/fileadmin/user_upload/Downloads/Planungshilfen/Planungshandbuch_Fernwaerme_V1.0x.pdf) (Zugriff am 15.01.2020)
- Argus Stadt- und Verkehrsplanung 2017: Neues Hulsberg Viertel, Bremen. Stellplatz- und Mobilitätskonzept – Kurzbericht. Stand: 08.12.2017. Online abrufbar: [https://neues-hulsberg.de/wp-content/uploads/2019/02/171208-Mobilitaetskonzept\\_Kurzbericht.pdf](https://neues-hulsberg.de/wp-content/uploads/2019/02/171208-Mobilitaetskonzept_Kurzbericht.pdf) (Zugriff am 06.01.2020)
- ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (Hg.) 2015: BHKW-Fibel. Wissen in kompakter Form. Stand März 2015. Berlin. Online abrufbar: [https://asue.de/sites/default/files/asue/themen/blockheizkraftwerke/2015/broschueren/asue\\_050315\\_bhkw\\_fibel.pdf](https://asue.de/sites/default/files/asue/themen/blockheizkraftwerke/2015/broschueren/asue_050315_bhkw_fibel.pdf) (Zugriff am 09.12.2019)
- ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (Hg.) 2010: BHKW-Grundlagen. Berlin. Online abrufbar: [https://www.asue.de/sites/default/files/asue/themen/blockheizkraftwerke/2010/broschueren/06\\_06\\_10\\_bhkw-grundlagen-2010.pdf](https://www.asue.de/sites/default/files/asue/themen/blockheizkraftwerke/2010/broschueren/06_06_10_bhkw-grundlagen-2010.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)
- Bæk, Morten 2018a: Der Schlüssel zum Erfolg im Bereich der Fernwärme und –kälte. Ein kurzer Blick auf die Lehren aus vier Jahrzehnten Fernwärme in Dänemark. In: State of Green (Hg.): Fernwärme und –kälte. Energieeffizienz für städtische Gegenden. Think Denmark. White papers for a green transition. S. 10-12.
- Bæk, Morten 2018b: Planung und Regulierung – eine Grundvoraussetzung. Regulierungsprozess, Verantwortlichkeiten und Anforderungen bei der Genehmigung von Fernwärmeprojekten in Dänemark. . In: State of Green (Hg.): Fernwärme und –kälte. Energieeffizienz für städtische Gegenden. Think Denmark. White papers for a green transition. S. 13
- Bayerische Architektenkammer (Hg.) 2018: Nachhaltigkeit gestalten. Leitfaden für Architekten, Innenarchitekten, Landschaftsarchitekten, Stadtplaner, Fachingenieure, Bauherren und Interessierte. München. Online abrufbar: [https://www.byak.de/data/Nachhaltigkeit\\_gestalten/Nachhaltigkeit\\_gestalten\\_Download.pdf](https://www.byak.de/data/Nachhaltigkeit_gestalten/Nachhaltigkeit_gestalten_Download.pdf) (Zugriff am 20.10.2019)
- BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) 2017: Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden. BBSR-Online-Publikation Nr. 17/2017. Bonn.
- BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hg.)/ Mahler, Boris et al. 2019: Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung. Endbericht. Stand: 06.02.2019. Berlin, Stuttgart.
- BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) 2016a: Aktuelle Trends der Wohnungsbautätigkeit in Deutschland - Wer baut wo welche Wohnungen? Auftragnehmer: Quaestio Forschung & Beratung. Bonn.
- BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) 2016b: ExWoSt-Informationen 48/1. EQ II. Erweiterte Bilanzierung von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Quartiersebene. ExWoSt-Studie. Bonn. Online abrufbar: [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ExWoSt/48/exwost-48-1.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ExWoSt/48/exwost-48-1.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (Zugriff am 13.06.2019)
- BBU Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e.V. 2015: Leitfaden zur Einführung der gewerblichen Wärmeversorgung in der Wohnungswirtschaft. Berlin. Online abrufbar: [https://www.zvei.org/fileadmin/user\\_upload/Verband/Fachverbaende/ESCO\\_Forum/Das\\_ESCO\\_Forum\\_im\\_ZVEI/pdf/Leitfaden-Waermelieferung-April-2015.pdf](https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Verband/Fachverbaende/ESCO_Forum/Das_ESCO_Forum_im_ZVEI/pdf/Leitfaden-Waermelieferung-April-2015.pdf) (Zugriff am 01.10.2019)
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2015: Primärenergiefaktoren. Grundlagenpapier. Der Zusammenhang von Primärenergie und Endenergie in der energetischen Bewertung. Berlin, 22. April 2015. online abrufbar: <https://www.klimakoenner.de/docs/BDEW%20Grundlagenpapier%20Prim%C3%A4renergiefaktoren.pdf> (Zugriff am 27.08.2019)
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2017: Das Mieterstromgesetz – Ein erster Überblick. Der neue Rechtsrahmen für PV-Mieterstrommodelle. Anwendungshilfe, Berlin, 25. Juli 2017
- Behörde für Umwelt und Energie, Abteilung für Landschaftsplanung und Stadtgrün (Hamburg) (Hg.) 2018: Auf die Dächer - fertig - grün. Hamburger Gründachförderung. Das Solar-Gründach. Mehr Grün. Vier Vorteile auf einmal. Online abrufbar <https://www.hamburg.de/contentblob/11622384/b8152dacbd6ff6707b819b1bae-4d7a21/data/d-das-solar-gruendach.pdf> Zugriff am 19.06.2019
- Behr 2017: Unternehmenssteuerrechtliche und mieterrechtliche Rahmenbedingungen für die Erzeugung und den Verkauf von Mieterstrom. In: Behr, Iris/ Großklos, Marc (Hg.) 2017: Praxishandbuch Mieterstrom. Fakten, Argumente, Strategien. Wiesbaden. S. 53-71
- Behr, Iris/ Großklos, Marc (Hg.) 2017: Praxishandbuch Mieterstrom. Fakten, Argumente, Strategien. Wiesbaden.
- Berliner Energieagentur GmbH 2018: Energiegrundkonzeption für drei Neubauquartiere in Berlin-Pankow im Auftrag der der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen. erstellt durch Claudia Alt und Simon Schirmer. Projekt-Nr. 16012800, 31. Januar 2018, Berlin
- BMI Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat 2019: Faktenblätter zum deutschen Wohnungsmarkt 2019. Stand: August 2019. Berlin
- BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2018: Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. Ausgabe 2018.
- BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2019a: Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. Ausgabe 2019.
- BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2019b: Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin
- BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2015: Bericht der Baukostensenkungskommission im Rahmen des Bündnisses für bezahlbaren Wohnen und Bauen. Endbericht. November 2015.
- BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.) 2011: Handlungsleitfaden zur Energetischen Stadterneuerung. Berlin. Online abrufbar: [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMVBS/Sonderveroeffentlichungen/2011/DL\\_HandlungsleitfadenEE.pdf;jsessionid=A22827DD14FB26B17E0DA9D6D9A24E48.live11293?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMVBS/Sonderveroeffentlichungen/2011/DL_HandlungsleitfadenEE.pdf;jsessionid=A22827DD14FB26B17E0DA9D6D9A24E48.live11293?__blob=publicationFile&v=2) (Zugriff am 18.10.2019)

- BMVi Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hg.) 2014: Genehmigungsprozess der E-Ladeinfrastruktur in Kommunen: strategische und rechtliche Fragen. Bearbeitung: NOW GmbH, Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH. Berlin
- BMWi (Hg.)/ Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg 2019: Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz. Teilvorhaben II c: Solare Strahlungsenergie. Teilbericht Mieterstrom. Juli 2019
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2015: Zweiter Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegezet. Die Entwicklung des Wärme- und Kältemarktes in Deutschland. Berlin. (abrufbar unter: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/zweiter-erfahrungsbericht-erneuerbare-energien-waermegezet.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/zweiter-erfahrungsbericht-erneuerbare-energien-waermegezet.pdf?__blob=publicationFile&v=10), Zugriff am 25.07.2019)
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2019: Das neue Gebäudeenergiegesetz – kurz zusammen gefasst. Berlin. Online abrufbar: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gebäudeenergiegesetz-zusammen-gefasst.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gebäudeenergiegesetz-zusammen-gefasst.pdf?__blob=publicationFile&v=6) (Zugriff am 15.01.2020)
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2019a: Energiedaten: Gesamtausgabe. Online abrufbar: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Ener-giedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=38](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Ener-giedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?__blob=publicationFile&v=38) (Zugriff am 22.08.2019)
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2019b: Zahlen und Fakten. Energiedaten. Online abrufbar: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Binaer/Energie-daten/energiedaten-gesamt-xls.xlsx?\\_\\_blob=publicationFile&v=95](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Binaer/Energie-daten/energiedaten-gesamt-xls.xlsx?__blob=publicationFile&v=95) (Zugriff am 22.08.2019)
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie o.J.: Eckpunktepapier Mieterstrom. Online abrufbar: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eck-punkte-mieterstrom.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eck-punkte-mieterstrom.pdf?__blob=publicationFile&v=8) (Zugriff am 13.06.2019)
- Bohne, Dirk 2019: Technischer Ausbau von Gebäuden und nachhaltige Gebäudetechnik. 11. Auflage. Wiesbaden.
- Bollin, Elmar 2016: Einführung in die Nutzung erneuerbarer Energiequellen. In: Bollin, Elmar: Regenerative Energien im Gebäude nutzen. Wärme- und Kälteversorgung, Automation, Ausgeführte Beispiele. 2. Auflage. Wiesbaden. S. 1-8
- Bothe, Joachim 2018: § 9 BauGB. Inhalt des Bebauungsplans. In: Rixner, Florian/ Biedermann, Robert/ Charlier, Jacqueline 2018: Systematischer Praxiskommentar. BauGB/ BauNV0. S. 145-190
- Brauner, Günther 2019: Systemeffizienz bei regenerativer Stromerzeugung. Strategien für eine effiziente Energieversorgung bis 2050. Wien.
- Bringewat, Jörn/ Valentin, Florian 2018: Rechtliche Stellungnahme zum Projekt PV2City - Verpflichtende Installation von PV im Neubau? 28. November 2018. Berlin. Online abrufbar: <https://pvspeicher.htw-berlin.de/wp-content/uploads/Rechtliche-Stellungnahme-zum-Projekt-PV2City.pdf> (Zugriff am 18.10.2019)
- BSW – Bundesverband Solarwirtschaft e.V. o.J.: Direktvermarktung von Solarstrom Markt- und Anbieterübersicht. Berlin. Abrufbar: [https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/RZ\\_BSW\\_Broschuere\\_web.pdf](https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/RZ_BSW_Broschuere_web.pdf) (Zugriff am 10.07.2019)
- Bundesamt für Energie (Hg.) 2004: Wärmenutzung aus Abwasser. Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen. Bearbeitung: Buri, René/ Kobel, Beat. Bern
- Bundesgesetzblatt 2017: Gesetz zur Förderung von Mieterstrom und zur Änderung weiterer Vorschriften des Erneuerbare-Energien-Gesetzes vom 17. Juni 2017. S. 2532-2539; Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 49, ausgegeben zu Bonn am 24. Juni 2017
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) 2016: Anpassung an den Klimawandel in Stadt und Region Forschungserkenntnisse und Werkzeuge zur Unterstützung von Kommunen und Regionen. Bonn. Online abrufbar: [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Sonderveroeffentlichungen/2016/anpassung-klimawandel-dl.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Sonderveroeffentlichungen/2016/anpassung-klimawandel-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (Zugriff am 10.10.2020)
- Bundeskartellamt 2012: Sektoruntersuchung Fernwärme -Abschlussbericht gemäß § 32e GWB -August 2012. Bonn. Online abrufbar: [http://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Sektoruntersuchungen/Sektoruntersuchung%20Fernwaerme%20-%20Abschlussbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Sektoruntersuchungen/Sektoruntersuchung%20Fernwaerme%20-%20Abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2017: Merkblatt zur Erstellung von Klimaschutzkonzepten. Hinweise zur Antragstellung. 1. Juli 2017.
- Bundesnetzagentur 2017: Hinweis zum Mieterstromzuschlag als eine Sonderform der EEG-Förderung. Hinweis 2017/3. 20. Dezember 2017. Bonn.
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Bundeskartellamt Telekommunikation, Post und Eisenbahnen/ Bundeskartellamt 2018: Monitoringbericht 2018. Bericht. 2018. online abrufbar: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2018/Monitoringbericht\\_Energie2018.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2018/Monitoringbericht_Energie2018.pdf?__blob=publicationFile&v=6) (Zugriff am 30.09.2019)
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen 2016: Leitfaden zur Eigenversorgung Juli 2016. Bonn. Online abrufbar: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Eigenversorgung/Finaler\\_Leitfa-den.pdf?sessionid=EA803BA7CF99F42870D482426E6B32DF?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Eigenversorgung/Finaler_Leitfa-den.pdf?sessionid=EA803BA7CF99F42870D482426E6B32DF?__blob=publicationFile&v=2) (Zugriff am 10.07.2019)
- Bundesverband Braunkohle 2019: Braunkohle in Deutschland. Daten und Fakten 2018. Online abrufbar: <https://braunkohle.de/wp-content/uploads/2019/04/Braun-kohle-in-Deutschland-Daten-und-Fakten-Statistikfaltblatt-deutsch.pdf> (Zugriff am 20.01.2020)
- Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V. 2018: Siedlungsprojekte und Quartierslösungen mit Wärmepumpe. Stand 04-2018. Berlin. Online abrufbar: [https://www.waermepumpe.de/uploads/tx\\_bcpagelip/Broschuere\\_Siedlungen\\_Novelle\\_2018\\_web.pdf](https://www.waermepumpe.de/uploads/tx_bcpagelip/Broschuere_Siedlungen_Novelle_2018_web.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)
- Bunzel, Arno et al. 2013: Städtebauliche Verträge - Ein Handbuch. Berlin
- Burmeister, Thomas 2019: Praxishandbuch Städtebauliche Verträge. Bonn.
- 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. Online abrufbar: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/847984/5b8bc23590d4cb2892b31c987ad672b7/2018-03-14-koalitionsvertrag-data.pdf?download=1> (Zugriff am 15.01.2020)
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt/ Bundesverband Wärmepumpe e.V./ Institut Energie in Infrastrukturanlagen (Hg.) 2009: Heizen und Kühlen mit Abwasser. Energie-rückgewinnung aus häuslichem und kommunalem Abwasser. Ratgeber für Bauträger und Kommunen. Osnabrück, Berlin, Zürich.
- Deutscher Bundestag 2011: Drucksache 17/6076. 06.06.2011. Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und FDP. Entwurf eines Gesetzes zur Stärkung der klima-gerechten Entwicklung in den Städten und Gemeinden
- Deutscher Städtetag 2019: Anpassung an den Klimawandel in den Städten. Forderungen, Hinweise und Anregungen. Berlin, Köln. Online abrufbar: <http://www.staedte-tag.de/imperia/md/content/dst/veroeffentlichungen/mat/handreichung-klimawandel-in-staedten-2019.pdf> (Zugriff am 10.10.2020)
- Deutsches Institut für Urbanistik (Hg.) 2018: Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage.
- Deuschle, Jürgen et al. 2015: Energie-Autarkie und Energie-Autonomie in Theorie und Praxis. In: Energiewirtschaft (2015) 39, S. 151-162.
- Dickhaut, Wolfgang (Hg.)/ Zengerling, Cathrin 2018: Integration von Elektromobilität in Neubau und Bestand – Kommunale Steuerungsinstrumente zur Aktivierung privater Flächen Teilbericht D der Wissenschaftlichen Begleitforschung im Bundesförderprojekt „e Quartier Hamburg“. HafenCity Universität Hamburg (HCU). Ham-burg
- Die Bundesregierung 2008: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Online abrufbar: [https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das\\_gesamt\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf) (Zugriff am 02.05.2019)

Die Bundesregierung 2018: Drucksache 19/2433. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Julia Verlinden, Lisa Badum, Christian Kühn (Tübingen), weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/1914.

Die Bundesregierung 2019a: Entwurf eines Gesetzes zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude. Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG). Stand: 23.10.2019. online abrufbar: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesetzentwurf-zur-vereinheitlichung-des-energieeinsparrechts-fuer-gebäude.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesetzentwurf-zur-vereinheitlichung-des-energieeinsparrechts-fuer-gebäude.pdf?__blob=publicationFile&v=4) (Zugriff am 12.12.2019)

Die Bundesregierung 2019b: Gesetzentwurf der Bundesregierung. Entwurf eines Gesetzes zur Einführung eines Bundes-Klimaschutzgesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften. Stand: 09.10.2019. online abrufbar: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Gesetze/gesetzentwurf\\_bundesklimateilgesetz\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Gesetze/gesetzentwurf_bundesklimateilgesetz_bf.pdf) (Zugriff am 19.10.2019)

Difu Deutsches Institut für Urbanistik 2015: Elektromobilität in der kommunalen Umsetzung. Kommunale Strategien und planerische Instrumente. Berlin

Difu Deutsches Institut für Urbanistik 2017: Klimaschutz in der verbindlichen Bauleitplanung. Endbericht. Langfassung. Auftraggeberin: Landeshauptstadt Potsdam. Berlin

DKE/AK EMOBILITY.60 2016: Der Technische Leitfaden Ladeinfrastruktur. Elektromobilität. Version 2. Frankfurt am Main. Online abrufbar: <https://www.vde.com/resource/blob/988408/750e290498bf9f75f50bb86d520caba7/leitfaden-elektromobilitaet-2016--data.pdf> (Zugriff am 12.07.2019)

Doderer, Hannes/ Steffensen, Sophia/ Schäfer-Stradowsky, Simon 2017: Power to Heat. Eine Chance für die Energiewende. Positionspapier. Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM), Berlin. Online abrufbar: [https://www.ikem.de/wp-content/uploads/2017/12/20171220\\_IKEM\\_Positionspapier\\_PtH\\_Windnode.pdf](https://www.ikem.de/wp-content/uploads/2017/12/20171220_IKEM_Positionspapier_PtH_Windnode.pdf) (Zugriff am 22.08.2019)

Dunkelberg, Elisa/ Gähns, Swantje/ Weiß, Julika/ Salecki, Steven 2018: Wirtschaftlichkeit von Mehrleiter-Wärmenetzen. Ökonomische Bewertung von Mehrleiter-Wärmenetzen zur Nutzung von Niedertemperaturwärme. Schriftenreihe des IÖW 215/18

Durst, Anna 2016: Plusenergie-Konzept in Siedlung getestet. Projektinfo 01/2016. BINE-Informationdienst. Online abrufbar: [http://www.bine.info/fileadmin/content/Presse/Projektinfos\\_2016/PM\\_01\\_2016/PM\\_0116\\_internetx.pdf](http://www.bine.info/fileadmin/content/Presse/Projektinfos_2016/PM_01_2016/PM_0116_internetx.pdf) (Zugriff am 15.10.2019)

Ebök Planung und Entwicklung Gesellschaft mbH/ Landeshauptstadt München (LHM) (Hg.) 2017: Energetische Gebäudestandards und Energieversorgungs-konzept für das Neubaugebiet „Bayernkaserne“ in München. Datum des Berichts: 30.04.2017. Tübingen, München.

EGS-plan/ ImmoTherm GmbH 2013: Bauvorhaben Terrot-Areal in Stuttgart-Bad Cannstatt. Wärmeversorgung mit Wärmepumpe und Abwasserkanal-Wärmetauscher. Abschlussbericht. Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt Az 27080-24/2. Stuttgart

Europäische Union 2010: RICHTLINIE 2010/31/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung). Im Amtsblatt der Europäischen Union vom 18.06.2020. Online abrufbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=DE> (Zugriff am 15.01.2020)

Fisch, Norbert/ Wilken, Thomas/ Stähr, Christina 2012: EnergiePLUS. Gebäude und Quartiere als erneuerbare Energiequellen. Leonberg.

Fraunhofer UMSICHT 2008: Leitfaden Nahwärme. Duisburg. Online abrufbar: <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/kompetenz/energie/leitfaden-nahwaerme.pdf> (Zugriff am 09.12.2019)

Freie und Hansestadt Hamburg 2012: Jenfelder Au – Quartier mit Weitsicht. Handbuch für Bauherren und Architekten. Hamburg.

Freie und Hansestadt Hamburg/ Getec AG 2012: Rahmenvertrag zur Wärmeversorgung für das Entwicklungsgebiet Jenfelder Au in Hamburg. Online abrufbar: [http://daten.transparenz.hamburg.de/Dataport.HmbTG.ZS.Webservice.GetRessource100/GetRessource100.svc/52e4b80b-2ab0-468d-8937-acb13dfc334a/Akte\\_UI822.90-46.001.pdf](http://daten.transparenz.hamburg.de/Dataport.HmbTG.ZS.Webservice.GetRessource100/GetRessource100.svc/52e4b80b-2ab0-468d-8937-acb13dfc334a/Akte_UI822.90-46.001.pdf) (Zugriff am 07.03.2019)

Fritz, Sara/ Pehnt, Martin/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hg.) 2018: Kommunale Abwässer als Potenzial für die Energiewende? Kurzstudie. Heidelberg. Online abrufbar: [https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/ifeu-bmu\\_Abwaermepotenzial\\_Abwasser\\_final\\_update.pdf](https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/ifeu-bmu_Abwaermepotenzial_Abwasser_final_update.pdf) (Zugriff am 20.02.2020)

Gähns, Swantje/ Hoffmann, Esther 2018: Dienstleistungen mit Quartierspeicher. Ko-kreative Entwicklung als Erfolgsfaktor. In: Energie Markt Wettbewerb 1, 2018: 2-4

Gähns, Swantje/ Knoefel, Jan/ Cremer, Noelle 2017: Politische Zielsetzungen und rechtlicher Rahmen für Quartierspeicher – Bestandsaufnahme der aktuellen Rahmenbedingungen und Diskurse, Projekt ESQUIRE, Arbeitspapier, Berlin.

GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. (Hg.) 2013: Wohnungsunternehmen als Energieerzeuger. Bedeutung, Möglichkeiten, wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen. GdW Arbeitshilfe 71. Berlin

Geilhausen, Marko/ Bränzel, Juliane/ Engelmann, Dirk/ Schulze, Olaf 2015: Energiemanagement. Für Fachkräfte, Beauftragte und Manager. Wiesbaden.

Geißler, Michael/ Gustedt, Volker 2017: Vom Modell zur Marke – Erfahrungen der Berliner Energieagentur aus 20 Jahren Mieterstromversorgung. In: Behr, Iris/ Großklos, Marc (Hg.) 2017: Praxishandbuch Mieterstrom. Fakten, Argumente, Strategien. Wiesbaden. S. 143-154

Griese, Kai-Michael/ Halstrup, Dominik/ Ortman, Manuel 2018: Stromspeicher im Quartier. Aktuelle Herausforderungen und Geschäftsmodelle in Deutschland. In: Energiewirtschaft 42.

Hamburg Institut Research gGmbH 2015: Fernwärme 3.0. Strategien für eine zukunftsorientierte Fernwärmepolitik. Hamburg. Online abrufbar: [https://www.hamburg-institut.com/images/pdf/studien/150219%20Fernwrme%203\\_0a.pdf](https://www.hamburg-institut.com/images/pdf/studien/150219%20Fernwrme%203_0a.pdf) (Zugriff am 20.02.2020)

Hertle, Hans/ Pehnt, Martin/ Gugel, Benjamin/ Dingeldey, Miriam/ Müller, Kerstin 2015: Wärmewende in Kommunen. Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung. Herausgegeben von der Heinrich-Böll-Stiftung. Berlin.

Hertle, Hans/ Jentsch, Andrej/ Eisenmann, Lothar/ Brasche, Julia/ Brückner, Sarah/ Schmitt, Corinna/ Sager, Christina/ Schurig, Marlen 2014: Die Nutzung von Exergieströmen in kommunalen Strom-Wärme-Systemen zur Erreichung der CO<sub>2</sub>-Neutralität von Kommunen bis zum Jahr 2050. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Heidelberg.

Hessische Landgesellschaft (Hg.) 2018: Baulandentwicklung. Wege zum Plus-Energie-Standard. Leitfaden. Eine Orientierungshilfe für Kommunen. Kassel

Hoffmann, Klaus 2018: § 11 BauGB Städtebaulicher Vertrag. In: Spannowsky, Willy/ Uechtritz, Michael: BeckOK BauGB, 40. Edition Stand: 01.01.2018

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH/ UBA Umweltbundesamt (Hg.) 2016: Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen. Heidelberg/ Dessau-Roßlau. Online abrufbar: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_27\\_2016\\_umweltbilanz\\_von\\_elektrofahrzeugen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_27_2016_umweltbilanz_von_elektrofahrzeugen.pdf) (Zugriff am 12.07.2019)

IHK Berlin (Hg.)/ Megawatt Ingenieurgesellschaft für Wärme- und Energietechnik mbH 2015: Wettbewerb im Wärmemarkt. Ökonomisch effizient, technisch machbar, klimapolitisch sinnvoll? Berlin.

IINAS 2017: GEMIS. Version 4.95. Datenstand April 2017. online abrufbar: [http://iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/GEMIS/2017\\_GEMIS-Ergebnisse-Auszug.xlsx](http://iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/2017_GEMIS-Ergebnisse-Auszug.xlsx) (Zugriff am 13.12.2019)

infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH/ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.v./ IVT Research GmbH/ infas 360 GmbH/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2018: Mobilität in Deutschland. Kurzreport. Verkehrsaufkommen - Struktur - Trends. Ausgabe Dezember 2018. Bonn.

Initiative [WÄRME+] 2016: Warmwasserversorgung im Wandel. Systemanforderungen im Vergleich. Berlin.

ISE Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme 2018: Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. März 2018. Bearbeitung: Kost, Christoph/ Shammugam, Shivenes/ Jülch, Veron/ Nguyen, Huyen-Tran/ Schlegl, Thomas. Freiburg. Abrufbar: [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2018\\_ISE\\_Studie\\_Stromgestehungskosten\\_Erneuerbare\\_Energien.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2018_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf) (Zugriff am 10.07.2019)

ISE Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme 2019: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, Download von [www.pv-fakten.de](http://www.pv-fakten.de), Fassung vom 29.5.2019. Freiburg

ISI Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung/ Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE)/ GfK Marketing Services GmbH & Co. KG 2009: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006. Projektnummer 45/05. Online abrufbar: [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2009/Erhebung-GHD\\_Abschlussbericht\\_Mai-2009.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2009/Erhebung-GHD_Abschlussbericht_Mai-2009.pdf) (Zugriff am 01.02.2020)

ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden/ ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH/ Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH 2016: Weiterentwicklung der Primärenergiefaktoren im neuen Energiesparrecht für Gebäude. Endbericht. Stand 07.04.2016

IWU Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) 2005: Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Erfahrungen und Perspektiven. Eine Untersuchung im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung. Online abrufbar: [https://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/neh\\_ph/NEH\\_Waermeversorgung-Forschungsbericht.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/neh_ph/NEH_Waermeversorgung-Forschungsbericht.pdf) (Zugriff am 09.12.2019)

IWU Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) 2015: Möglichkeiten der Wohnungswirtschaft zum Einstieg in die Erzeugung und Vermarktung elektrischer Energie. Endbericht. Forschungsinitiative ZukunftBAU. Darmstadt. Online abrufbar: <http://www.iwu.de/forschung/energie/2015/mieterstrom/> (Zugriff am 13.06.2019)

Joachim, Vogt/ Böhnke, Denise/ Norra, Stefan 2018: Umsetzung der kommunalen Klimaanpassung in die Bauleitplanung im Pilotprojekt der Entwicklung des Geländes der Spinelli Barracks / Grünzug Nordost in Mannheim – KomKlim. Herausgeber: LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. Karlsruhe. Online abrufbar: <https://fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/127519/U83-W03-N38.pdf?command=downloadContent&filename=U83-W03-N38.pdf&FIS=203> (Zugriff 10.10.2020)

Joos, Franz 2019: Nachhaltige Energieversorgung: Hemmnisse, Möglichkeiten und Einschränkungen. Eine interdisziplinäre Statusbetrachtung. Wiesbaden

Kampker, Achim 2018: Grundlagen. In: Kampker, Achim/ Vallée, Dirk/ Schnettler, Armin (Hg.): Elektromobilität. Grundlagen einer Zukunftstechnologie. 2. Auflage. S. 3-86

Körber, Torsten 2016: Ausschreibung von Fernwärmenetzen nach Maßgabe des Kartellrechts. In: EWeRK 3/2016. S. 155-160.

Krautzberger, Michael 2016: § 1a Ergänzende Vorschriften. In: Ernst, Werner/ Zinkahn, Willy/ Bielenberg, Walter/ Krautzberger, Michael 2016: Baugesetzbuch. Kommentar, Band I, Stand: 1. Oktober 2016

Krautzberger, Michael 2016a: § 11 BauGB Städtebaulicher Vertrag. In: Ernst, Werner/ Zinkahn, Willy/ Bielenberg, Walter/ Krautzberger, Michael 2016: Baugesetzbuch. Kommentar, Band I, Stand: 1. Oktober 2016

Landeshauptstadt Hannover 2017: Beschlussdrucksache 2578/2017. Neuordnung der Nahwärmeversorgung im Wohngebiet Kronsberg der Landeshauptstadt Hannover. 27.10.2017. Hannover

Landeshauptstadt Hannover 2018a: Beschlussdrucksache 0658/2018. Europaweites Vergabe-Verfahren zur Nahwärmeversorgung im Wohngebiet Kronsberg – Vertragslaufzeit und Vergabekriterien. 15.03.2018. Hannover.

Landeshauptstadt Stuttgart 2018: Auslobung Internationaler offener städtebaulicher Wettbewerb Rosenstein. Ideen für den neuen Stadtteil. Stuttgart. Online abrufbar: <https://www.stuttgart.de/img/mbdb/item/655059/136564.pdf> (Zugriff am 06.01.2020)

Landeshauptstadt Stuttgart/ SWSG 2019: Städtebaulicher Vertrag zum Bebauungsplan mit Satzung über örtlichen Bauvorschriften Keltersiedlung (Zu 258) im Stadtbezirk Zuffenhausen. Stuttgart. Online abrufbar: [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/05380C8B023D7506C125848D004267DE/\\$File/Anlage%207.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/05380C8B023D7506C125848D004267DE/$File/Anlage%207.pdf?OpenElement) (Zugriff am 04.01.2020)

Leprich, Uwe/ Neumann, Werner 2017: Zur Rolle des Mieterstroms in Energiesystemen der Zukunft. In: Behr, Iris/ Großklos, Marc (Hg.) 2017: Praxishandbuch Mieterstrom. Fakten, Argumente, Strategien. Wiesbaden. S. 15-27

Lessing, Helmut/ Gerwig, Carola/ Reinecke, Britta/ Jameel, Mohsan 2016: Schlussbericht Verbundvorhaben Moritzberg (0325331A), Institut für Wirtschaftsinformatik und BWL, Universität Hildesheim

LLUR Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (Hg.) 2011: Leitfaden zur geothermischen Nutzung des oberflächennahen Untergrundes Erdwärmekollektoren – Erdwärmesonden Empfehlungen für Planer, Ingenieure und Bauherren. Flintbek. Online abrufbar: [https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/geologie/geothermie\\_2011.pdf](https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/geologie/geothermie_2011.pdf)

Lohr, Sabine 2016: Der Carré Markt ist gesichert. Artikel im Schwäbischen Tagblatt vom 20.12.2016.

Lückehe, Sieghard/ Kluck, Axel/ Großklos, Marc 2017: STÄWOG Bremerhaven – 10 Jahre Erfahrung mit Mieterstrom. In: Behr, Iris/ Großklos, Marc (Hg.): Praxishandbuch Mieterstrom. Fakten, Argumente und Strategien. Wiesbaden. S. 167-174.

Lutz, Simone 2019: Energiekonzept von Gutleutmatten gilt bundesweit als Beispiel für missglückte Planung. Artikel in der Badischen Zeitung am 24.09.2019. online abrufbar: <https://www.badische-zeitung.de/energiekonzept-von-gutleutmatten-gilt-bundesweit-als-beispiel-fuer-missglueckte-planung--177569144.html> (Zugriff am 12.12.2019)

Maier, Magnus/ Agentur für Erneuerbare Energien e. V. (Hg.) 2016: Die kommunale Wärmeplanung. Ein wichtiger Treiber der Wärmewende. Renewes Spezial Nr. 79/ November 2016.

McKenna, Russell/ Herbes, Carsten/ Fichtner, Wolf 2015: Energieautarkie: Definitionen, Für- bzw. Gegenargumente, und entstehende Forschungsbedarfe. WORKING PAPER SERIES IN PRODUCTION AND ENERGY. No. 6 | MARCH 2015. KIT. Karlsruhe. Online abrufbar: [https://www.hfwu.de/fileadmin/user\\_upload/ISR/Sonstiges/Working\\_Paper\\_Energieautarkie\\_March\\_15.pdf](https://www.hfwu.de/fileadmin/user_upload/ISR/Sonstiges/Working_Paper_Energieautarkie_March_15.pdf) (Zugriff am 13.06.2019)

Meixner, Horst/ Purper, Gabriele 2017: Energiepolitische Rahmenbedingungen für Mieterstrom aus Blockheizkraftwerken und Photovoltaik. In: Behr, Iris/ Großklos, Marc (Hg.) 2017: Praxishandbuch Mieterstrom. Fakten, Argumente, Strategien. Wiesbaden. S. 31-52

Miedaner, Oliver/ Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme 2016: Intelligente und flexible Lösungen für 100 % erneuerbare Wärmenetze in europäischen Kommunen Projektinformation Baden-Württemberg. Stuttgart.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hg.) 2018: Energiegenossenschaften – Erfolgsbeispiele aus Baden-Württemberg. Stuttgart. online abrufbar: [https://www.wir-leben-genossenschaft.de/files/BWGV\\_Broschüre\\_Energiegenossenschaften\\_A4\\_web.pdf](https://www.wir-leben-genossenschaft.de/files/BWGV_Broschüre_Energiegenossenschaften_A4_web.pdf) (Zugriff am 12.12.2019)

MPW Institute LLC 2018: Energiedienstleistungen in der Wohnungswirtschaft. Eine Studie der MPW Institute LLC. Norheim/ New York. Online abrufbar: [https://www.mpw-net.de/fileadmin/media/mpw/Studien/Studie\\_EDL\\_in\\_der\\_WoWi\\_2017.pdf](https://www.mpw-net.de/fileadmin/media/mpw/Studien/Studie_EDL_in_der_WoWi_2017.pdf) (Zugriff am 01.10.2019)

Müller, Nikolas/ Pfnür, Andreas 2016: Wirtschaftlichkeitsberechnungen bei verschärften energetischen Standards für Wohnungsneubauten aus den Perspektiven von Eigentümern und Mietern – Methodisches Vorgehen und Fallbeispiel. In: Andreas Pfnür (Hg.), Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, Band Nr. 32.

MVV Enamic/ Stadt Mannheim 2013: Blue City Mannheim. Innovative Konzepte für Konversion und Ingenieursmeile. Online abrufbar: [https://www.mannheim.de/sites/default/files/page/37608/bericht\\_130917\\_endfassung\\_blue\\_city\\_2\\_.pdf](https://www.mannheim.de/sites/default/files/page/37608/bericht_130917_endfassung_blue_city_2_.pdf) (Zugriff am 03.10.2019)

MVV Energiedienstleistungen GmbH REGIOPLAN 2012: blue\_village\_franklin. Ein elektromobiles Gesamtkonzept für Mannheim. Energiestudie zu den Konversionsflächen. Mannheim

MVV et al. o.J.: Abschlussbericht Strombank. Mannheim. Online abrufbar [https://www.mvv.de/media/media/downloads/mvv\\_energie\\_gruppe\\_1/nachhaltigkeit\\_1/Strombank\\_Abschlussbericht\\_2016.pdf](https://www.mvv.de/media/media/downloads/mvv_energie_gruppe_1/nachhaltigkeit_1/Strombank_Abschlussbericht_2016.pdf) am 18.07.2019

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) 2018: Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase. Berlin

Netzel, Michael/ Inwis 2017: Baukosten und Energieeffizienz. Nachweis des Einflusses von Energieeffizienzstandards auf die Höhe von Baukosten. Bochum.

Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Gesundheit und Gleichstellung 2014 (Hg.): Klimaschutz in der Siedlungsentwicklung – Ein Handbuch. Ausarbeitung: plan zwei Stadtplanung und Architektur. Hannover

Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (Hg.) 2010: e%-Energieeffizienter Wohnungsbau. Planungshinweise für den Geschosswohnungsbau. Materialien zum Wohnungsbau.

Ökoplane/ Stadt Mannheim 2010: Stadtklimanalyse Mannheim 2010. online abrufbar: [https://www.mannheim.de/sites/default/files/page/74508/stadtklimaanalyse\\_ma2010\\_bericht.pdf](https://www.mannheim.de/sites/default/files/page/74508/stadtklimaanalyse_ma2010_bericht.pdf) (Zugriff am 04.10.2019)

Ökoplane/ Stadt Mannheim 2013: Klimagutachten Mannheim Grünzug Nordost/ Spinelli-Barracks + Bundesgartenschau 2023.

Paschka, Daniel 2017: Wirtschaftlichkeit von Mieterstrom In: Behr, Iris/ Großklos, Marc (Hg.) 2017: Praxishandbuch Mieterstrom. Fakten, Argumente, Strategien. Wiesbaden. S. 125-139

Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist/ Peper, Soren 2016: Energie-Monitoring von Wohngebäuden im Passivhaus- Stadtteil Heidelberg-Bahnstadt. Oktober 2016. Im Auftrag der Stadt Heidelberg. Online abrufbar: [https://www.heidelberg.de/site/HD\\_Satelliten/get/documents\\_E-525468453/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2016\\_monitoring\\_in\\_der\\_passivhaus-siedlung\\_heidelberg\\_bahnstadt.pdf](https://www.heidelberg.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-525468453/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2016_monitoring_in_der_passivhaus-siedlung_heidelberg_bahnstadt.pdf) (Zugriff am 10.01.2020)

Pehnt, Martin/ ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH et al. 2017: Wärmenetzsysteme 4.0, Endbericht – Kurzstudie zur Umsetzung der Maßnahme „Modellvorhaben erneuerbare Energien in hocheffizienten Niedertemperaturwärmenetzen“. Endbericht. Online abrufbar: [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Themen\\_und\\_Projekte/Gebaeude/Rahmenvertrag\\_BMWi/Studie\\_Umsetzung\\_Modellvorhaben\\_erneuerbare\\_Energien\\_hocheffiziente\\_saisonalgespeichergestuetzte\\_Niedertemperaturwaermenetze.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Themen_und_Projekte/Gebaeude/Rahmenvertrag_BMWi/Studie_Umsetzung_Modellvorhaben_erneuerbare_Energien_hocheffiziente_saisonalgespeichergestuetzte_Niedertemperaturwaermenetze.pdf) (Zugriff am 12.12.2019)

Pfnür, Andreas/ Oschatz, Bert/ Winiewska, Bernadetta/ Mailach, Bettina 2016: Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt. Vergleichende Studie aus energetischer und ökonomischer Sicht. ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH, Forschungszentrum Betriebliche Immobilienwirtschaft FBI an der Technischen Universität Darmstadt.

Prognos AG/ BH&W Boos Hummel & Wegerich 2017: Mieterstrom. Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM) Projekt Nr. 17/16 – Fachlos 9 03MAP342. Schlussbericht. Berlin

Prognos AG/ Fraunhofer IFAM/ Öko-Institut e.V/ BHKW-Consult/ Stiftung Umweltenergierecht 2019: Evaluierung der Kraft-Wärme-Kopplung. Analysen zur Entwicklung der Kraft-Wärme-Kopplung in einem Energiesystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Auftraggeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Online abrufbar: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/evaluierung-der-kraft-waerme-kopplung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/evaluierung-der-kraft-waerme-kopplung.pdf?__blob=publicationFile&v=4) (Zugriff am 21.08.2019)

Referat für Stadtplanung und Bauordnung 2007: Vorlagen-Nr.: 02-08 / V 11206; Bericht über die solarenergetische Optimierung Funkkaserne (SOLENOP Funkkaserne); weiteres Vorgehen. Online abrufbar: <https://www.ris-muenchen.de/RII/RII/DOK/SITZUNGSVORLAGE/1299915.pdf> (Zugriff am 05.01.2020)

Referat für Stadtplanung und Bauordnung 2010: Sitzungsvorlagen Nr. 08-14/V 05504. Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 1943 b Frankfurter Ring (südlich), A 9 Berlin-München (westlich) und Domagkstraße (nördlich) - ehemalige Funkkaserne - Satzungsbeschluss. Online abrufbar: <https://www.ris-muenchen.de/RII/RII/DOK/SITZUNGSVORLAGE/2192969.pdf> (Zugriff am 10.10.2019)

Referat für Stadtplanung und Bauordnung 2010a: Sitzungsvorlagen Nr. 08-14/V 04517; Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 1943 b Frankfurter Ring (südlich), A 9 Berlin - München (westlich) und Domagkstraße (nördlich) - ehemalige Funkkaserne - Billigungsbeschluss. Online abrufbar: <https://www.ris-muenchen.de/RII/RII/DOK/SITZUNGSVORLAGE/2059590.pdf> (Zugriff am 05.01.2020)

Referat für Stadtplanung und Bauordnung 2015a: Sitzungsvorlagen Nr. 14 – 20 / V 02353. Ökologische Mustersiedlung in der ehemaligen Prinz-Eugen-Kaserne. München. Online abrufbar: [https://www.ris-muenchen.de/RII/RII/ris\\_vorlagen\\_dokumente.jsp?risid=3572813](https://www.ris-muenchen.de/RII/RII/ris_vorlagen_dokumente.jsp?risid=3572813) (Zugriff am 06.01.2020)

Referat für Stadtplanung und Bauordnung 2015b: Sitzungsvorlagen Nr. 14 – 20 / V 02353. Neufassung 15.10.2015. Ökologische Mustersiedlung in der ehemaligen Prinz-Eugen-Kaserne. München. Online abrufbar: [https://www.ris-muenchen.de/RII/RII/ris\\_vorlagen\\_dokumente.jsp?risid=3572813](https://www.ris-muenchen.de/RII/RII/ris_vorlagen_dokumente.jsp?risid=3572813) (Zugriff am 06.01.2020)

Ritzenhoff, Peter 2016: 2.2 Gebäudeenergiebedarf. In: Bollin, Elmar: Regenerative Energien im Gebäude nutzen. Wärme- und Kälteversorgung, Automation, Ausgeführte Beispiele. 2. Auflage. Wiesbaden. S. 32-44.

Rixner, Florian 2018: § 11 BauGB Städtebaulicher Vertrag. In: Rixner, Florian/ Biedermann, Robert/ Charlier, Jacqueline 2018: Systematischer Praxiskommentar. BauGB/ BauNVO. S. 228-239

Rottmann, Oliver/ Grüttner, André/ Sydow, Julia 2017 : Kommunale Haushalte unter dem Einfluss der Energiewende. Studie zum 12. Mitteldeutschen Energiegespräch. Heft 10. Bearbeitung: Kompetenzzentrum Öffentliche Wirtschaft, Infrastruktur und Daseinsvorsorge e.V. an der Universität Leipzig. Online abrufbar: [https://mitteldeutsches-energiegesprach.de/cms/?page\\_id=4816](https://mitteldeutsches-energiegesprach.de/cms/?page_id=4816) (Zugriff am 09.09.2019)

RWTH Aachen 2014: Lernen von Vauban. Ein Studienprojekt und mehr.... PT\_Materialien 32. vorgelegt von Ulrike Sommer und Carolin Wiechert. Online abrufbar: [http://publications.rwth-aachen.de/record/231115/files/6\\_pt\\_materialien\\_32-1.pdf](http://publications.rwth-aachen.de/record/231115/files/6_pt_materialien_32-1.pdf) (Zugriff am 08.01.2020)

Schatzinger, Susanne/ Rose, Hannes/ HafenCity Hamburg GmbH (Hg.) 2013: Praxisleitfaden Elektromobilität. Hinweise für Bauherren, Architekten und Ingenieure zum Ausbau elektromobiler Infrastrukturen in der HafenCity, Hamburg. Zugriff auf [https://www.hafencity.com/upload/files/files/HafenCity\\_Praxisleitfaden\\_Elektromobilitaet.pdf](https://www.hafencity.com/upload/files/files/HafenCity_Praxisleitfaden_Elektromobilitaet.pdf) am 12.07.2019

Schneider, Birgit 2017: Kraft-Wärme-Kopplung. Effiziente Energienutzung: Blockheizkraftwerke erzeugen in einem Prozess Strom und Wärme. BasisEnergie 21. Energiethemen begreifen. Herausgeber: FIZ Karlsruhe GmbH/ Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur. Eggenstein-Leopoldshafen.

Schrödter, Wolfgang 2015: § 9 Inhalt des Bebauungsplanes. In: Schrödter, Wolfgang: Baugesetzbuch. Baden-Baden. S. 555-676

Schumacher, Julia 2011: Contracting in der Wohnungswirtschaft. In: Bundesbaublatt 1-2 2011. S. 21-25. Online abruf: [https://www.bundesbaublatt.de/download/306843/BBB\\_BundesBauBlatt\\_ENERGIE\\_11961\\_6.indd.pdf](https://www.bundesbaublatt.de/download/306843/BBB_BundesBauBlatt_ENERGIE_11961_6.indd.pdf) (Zugriff am 24.09.2019)

secon Ingenieure GmbH 2018: Bebauungsplan Nr. 323.2 „Westlich des Hauptbahnhofes, Teilbereich südlich der Parthe“ in Leipzig

Mobilitätskonzept. Stand 13.08.2018. online abrufbar: [https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02\\_6\\_De26\\_Stadtentwicklung\\_Bau/61\\_Stadtplanungsamt/Oeffentlichkeitsbeteiligung\\_und\\_Auskuenfte/Aktuelle\\_Planungen/Aktuelle\\_Planungen\\_2018/323-2\\_Mobilitaetskonzept.pdf](https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02_6_De26_Stadtentwicklung_Bau/61_Stadtplanungsamt/Oeffentlichkeitsbeteiligung_und_Auskuenfte/Aktuelle_Planungen/Aktuelle_Planungen_2018/323-2_Mobilitaetskonzept.pdf) (Zugriff am 06.01.2020)

Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz beim Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH (Difu) 2015 (Hg.): Klimaschutz & Klimaanpassung. Wie begegnen Kommunen dem Klimawandel? Beispiele aus der kommunalen Praxis. Köln.

SHP Ingenieure 2012: Mobilitätskonzept für das Klinikum Bremen-Mitte und das Neue Hulsberg-Viertel in Bremen – Bericht zum Projekt Nr. 1138. online abrufbar: <https://neues-hulsberg.de/wp-content/uploads/2012/05/Mobilitaet.pdf> (Zugriff am 06.01.2020)

Siedlungswerk GmbH Wohnungs- und Städtebau (Hg.) o.J.a: Wohnen und Elektromobilität in Stuttgart-Rosenstein. Veröffentlichungsbericht. Im Rahmen des Forschungsprojektes Schaufenster Elektromobilität Baden-Württemberg „LivingLab BWe mobil“. Stuttgart. online abrufbar: <https://www.siedlungswerk.de/sites/default/files/seite-anhang/13624-6682-13624-veroeffentlichungsberichtweb.pdf> (Zugriff am 12.07.2019)

Siedlungswerk GmbH Wohnungs- und Städtebau (Hg.) o.J.b: Referenz. Stuttgart-Rosenstein. Stuttgart. online abrufbar: <https://www.siedlungswerk.de/sites/default/files/referenz-pdf/15010-stuttgart-rosenstein-2.pdf> (Zugriff am 18.07.2019)

Söfker, Wilhelm 2016: § 1 Aufgabe, Begriff und Grundsätze der Bauleitplanung. In: Ernst, Werner/ Zinkahn, Willy/ Bielenberg, Walter/ Krautzberger, Michael 2016: Baugesetzbuch. Kommentar, Band I, Stand: 1. Oktober 2016

Söfker, Wilhelm 2016a: § 9 BauGB Inhalt des Bebauungsplanes. In: Ernst, Werner/ Zinkahn, Willy/ Bielenberg, Walter/ Krautzberger, Michael 2016: Baugesetzbuch. Kommentar, Band I, Stand: 1. Oktober 2016

Spannowsky, Willi 2018: § 9 Inhalt des Bebauungsplanes. In: Spannowsky, Willy/ Uechtritz, Michael: BeckOK BauGB, 40. Edition Stand: 01.01.2018"

Stadt Augsburg, Referat 2, Umweltamt, Abteilung Klimaschutz 2007: Klimaschutz und Stadtplanung Augsburg. Leitfaden zur Berücksichtigung von Klimaschutzbelangen in der städtebaulichen Planung und deren Umsetzung. Augsburg. Online abrufbar: [https://www.energieatlas.bayern.de/file/pdf/782/Leitfaden\\_Klimaschutz-undstadtplanung\\_Augsburg.pdf](https://www.energieatlas.bayern.de/file/pdf/782/Leitfaden_Klimaschutz-undstadtplanung_Augsburg.pdf) (Zugriff am 12.12.2019)

Stadt Essen (Hg.) 2009: Leitfaden für eine energetisch optimierte Stadtplanung. Planungsgegebenheiten - Städtebaulicher Entwurf - Bebauungsplan - Vertragliche Regelungen. Amt für Stadtplanung und Bauordnung. Essen

Stadt Esslingen 2020: Beschlussvorlage 61/013/2020. Betreff: Begrünung und Solarisierung von Flachdächern. Online abrufbar: [https://ris.esslingen.de/sdnetrim/UGhVM0hp2NXNFdFcEjZQueX8ly7u2cUHnGmSkB9aEHPrgKFPLT3a9tzzTLA9K/Beschlussvorlage\\_61-013-2020.pdf](https://ris.esslingen.de/sdnetrim/UGhVM0hp2NXNFdFcEjZQueX8ly7u2cUHnGmSkB9aEHPrgKFPLT3a9tzzTLA9K/Beschlussvorlage_61-013-2020.pdf) (Zugriff am 02.02.2020)

Stadt Frankfurt am Main/ Regionalverband FrankfurtRheinMain (Hg.) 2014: Aufbau von Wärmenetzen. Praxisleitfaden. Erarbeitung: KEEA Klima- und Energieeffizienz Agentur, Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES. Frankfurt am Main

Stadt Frankfurt am Main/ Regionalverband FrankfurtRheinMain (Hg.) 2014a: Klimaschutz in der Stadtplanung - Praxisleitfaden - Online-Anhang mit Hintergrundinformationen und Grundlagen. Teil 2: Best-practice-Beispiele. Frankfurt am Main

Stadt Frankfurt am Main/ Regionalverband FrankfurtRheinMain (Hg.) 2014b: Aufbau von Wärmenetzen - Praxisleitfaden - Online-Anhang mit Hintergrundinformationen und Grundlagen. Online abrufbar: [https://www.energieatlas.bayern.de/fileadmin/user\\_upload/content/pdf/Anhang\\_Praxisleitfaden/Leitfaden\\_Aufbau\\_von\\_Waermenetzen\\_Online\\_Anhang.pdf](https://www.energieatlas.bayern.de/fileadmin/user_upload/content/pdf/Anhang_Praxisleitfaden/Leitfaden_Aufbau_von_Waermenetzen_Online_Anhang.pdf) (Zugriff am 18.10.2019)

Stadt Freiburg 2009a: Anlage zur Drucksache G-09/058. Baulandpolitische Grundsätze für die Stadt Freiburg i. Br. in der Fassung vom 30.06.2009. online abrufbar: [https://ris.freiburg.de/beschluesse\\_details.php?vid=2272301100059&nid=ni\\_2008-GR-40&suchbegriffe=baulandpolitisch&select\\_gremium=&select\\_art=&status=1&x=2&y=18](https://ris.freiburg.de/beschluesse_details.php?vid=2272301100059&nid=ni_2008-GR-40&suchbegriffe=baulandpolitisch&select_gremium=&select_art=&status=1&x=2&y=18) (Zugriff am 10.10.2019)

Stadt Heidelberg (Hg.) 2017a: Stromsparkonzept Heidelberg Bahnstadt. Gesamtbericht. Heidelberg. Online abrufbar: [https://www.heidelberg-bahnstadt.de/site/HD\\_Satelliten/get/documents\\_E-169317748/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2017\\_stromsparkonzept\\_heidelberg\\_gesamtbericht\\_web.pdf](https://www.heidelberg-bahnstadt.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-169317748/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2017_stromsparkonzept_heidelberg_gesamtbericht_web.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

Stadt Heidelberg (Hg.) 2017b: Stromsparkonzept Heidelberg Bahnstadt. Sektor Wohnen. Online abrufbar: [https://www.heidelberg-bahnstadt.de/site/HD\\_Satelliten/get/documents\\_E-1151455867/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2017\\_stromsparkonzept\\_heidelberg\\_sektor\\_wohnen\\_web.pdf](https://www.heidelberg-bahnstadt.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-1151455867/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2017_stromsparkonzept_heidelberg_sektor_wohnen_web.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

Stadt Heidelberg 2010: Energiekonzeption 2010 der Stadt Heidelberg. Fortschreibung der Energiekonzeption 2004. Heidelberg. Online abrufbar: [https://www.heidelberg.de/site/Heidelberg\\_ROOT/get/documents/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/Energie%20und%20Klimaschutz/31\\_pdf\\_energiekonzeption2010.pdf](https://www.heidelberg.de/site/Heidelberg_ROOT/get/documents/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/Energie%20und%20Klimaschutz/31_pdf_energiekonzeption2010.pdf) (Zugriff am 10.01.2020)

Stadt Heidelberg 2019: Bebauungsplan und örtliche Bauvorschriften. Bahnstadt West. B-Plan-Nr. 61.32.15.09.00.

Stadt Heidelberg o.J.: „Heidelberger Dach(g)arten“ - Handlungsleitfaden zur extensiven Dachbegrünung in Heidelberg. Online abrufbar: [https://www.heidelberg.de/site/HD\\_Satelliten/get/documents\\_E591203377/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/31\\_pdf\\_handlungsleitfaden\\_zur\\_extensiven\\_dachbegrue\\_nung\\_2011\\_12\\_15.pdf](https://www.heidelberg.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E591203377/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/31_pdf_handlungsleitfaden_zur_extensiven_dachbegrue_nung_2011_12_15.pdf) (Zugriff am 20.10.2020)

Stadt Ladenburg 2018a: Beschlussvorlage zur öffentlichen Sitzung am 31.01.2018, Nr. 1/18, Betreff: Zentrale Wärmeversorgung des Baugebiets „Nordstadt – Kurzugewann“ – Vorbereitung der europaweiten Ausschreibung.

Stadt Ladenburg 2018b: Vergabeunterlagen Nahwärmeversorgung Nordstadt. Entwurf. Abrufbar: [https://www.ladenburg.de/fileadmin/user\\_upload/Ausschreibungen/Nordstadt-Nahwaermeversorgung/3-Vergabeunterlagen-Nordstadt-Ladenburg-g.pdf](https://www.ladenburg.de/fileadmin/user_upload/Ausschreibungen/Nordstadt-Nahwaermeversorgung/3-Vergabeunterlagen-Nordstadt-Ladenburg-g.pdf) (Zugriff am 07.03.2019)

Stadt Ladenburg 2019: Niederschrift zur öffentlichen Sitzung des Gemeinderats am 27.02.2019. GRD-Nr. 11/19. Betreff: Zentrale Wärmeversorgung des Baugebiets „Nordstadt – Kurzugewann“ – Ergebnis der europaweiten Ausschreibung/ Auftragsvergabe.

Stadt Leipzig 2019: Städtebaulicher Vertrag zur Planung und Herstellung der straßenseitigen Erschließung, grünordnerischen Maßnahmen und sonstigen mit den Vorhaben und der B-Planumsetzung im Bereich des in Aufstellung befindlichen B-Planes Nr. 323.2 „Westlich des Hauptbahnhofes, Teilbereich südlich der Parthe“. Online abrufbar: [https://ratsinfo.leipzig.de/bil/\\_\\_\\_tmp/tmp/45081036692249643/692249643/01547141/41-Anlagen/01/640651-StaedtebaulicherVertragtextlicherTeil.pdf](https://ratsinfo.leipzig.de/bil/___tmp/tmp/45081036692249643/692249643/01547141/41-Anlagen/01/640651-StaedtebaulicherVertragtextlicherTeil.pdf) (Zugriff am 15.10.2019)

Stadt Lörrach 2016: Energiestandards Lörrach 2016. online abrufbar: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahU-KEWjP2vC55JrIAhWEJIAKHrPDkRQfJABegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.loerrach.de%2Fceasy%2Fresource%2F%3Fid%3D15904%26download%3D1&usq=AOvVaw3Fou48142vwwq2k\\_-DpUNrt](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahU-KEWjP2vC55JrIAhWEJIAKHrPDkRQfJABegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.loerrach.de%2Fceasy%2Fresource%2F%3Fid%3D15904%26download%3D1&usq=AOvVaw3Fou48142vwwq2k_-DpUNrt) (Zugriff am 10.10.2019)

Stadt Mannheim 2017a: Informationsvorlage Nr. V153/2017. Betreff: Ergänzungsvorlage. Wohnungspolitische Strategie und 12-Punkte-Programm zum Wohnen für Mannheim. Online abrufbar: <https://buergerinfor.mannheim.de/buergerinfor/getfile.asp?id=8078170&type=do> (Zugriff am 03.10.2019)

Stadt Mannheim 2017b: Beschlussvorlage Nr. V009/2017. Betreff: Wohnungspolitische Strategie und 12-Punkte-Programm zum Wohnen für Mannheim. Online abrufbar: <https://buergerinfor.mannheim.de/buergerinfor/getfile.asp?id=8075724&type=do> (Zugriff am 03.10.2019)

Stadt Mannheim 2017c: Beschluss Nr. V273/2017. Betreff: Städtebauliche Erneuerungsmaßnahme „Spinelli Barracks“. Hier: Beschluss über die förmliche Festlegung des Sanierungsgebiets. Mannheim.

Stadt Mannheim 2018a: Spinelli. Die Entwicklung eines Modellquartiers. Städtebaulicher Rahmenplan. Mannheim

Stadt Mannheim 2018b: Beschlussvorlage V145/2018. Betreff: 12-Punkte-Programm zum Wohnen für Mannheim – Ausarbeitung der Punkte: Quotenmodell für preisgünstigen Mietwohnungsbau, Verbilligte Abgabe von Wohnbaugrundstücken für preiswerten Wohnbau, Vergabe nach Konzeptqualität. online abrufbar: <https://buergerinfor.mannheim.de/buergerinfor/getfile.asp?id=8087680&type=do> (Zugriff am 03.10.2019)

Stadt Mannheim 2019: WOHNUNGSMARKTMONITORING 2019. Fachbereich Stadtplanung. Online abrufbar: [https://www.mannheim.de/sites/default/files/2019-09/20190822\\_WoMo-Bericht%202018\\_Redaktion\\_to\\_FINAL.pdf](https://www.mannheim.de/sites/default/files/2019-09/20190822_WoMo-Bericht%202018_Redaktion_to_FINAL.pdf) (Zugriff am 03.10.2019)

Stadt Mannheim/ ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH 2009: Klimaschutzkonzeption Mannheim 2020. Endbericht im Auftrag der Stadt Mannheim. Online abrufbar: [https://www.mannheim.de/sites/default/files/2018-09/KLIMAKONZEPTION\\_2020\\_final.pdf](https://www.mannheim.de/sites/default/files/2018-09/KLIMAKONZEPTION_2020_final.pdf) (Zugriff am 02.10.2019)

Stadtgemeinde Bremen et al. 2018: Städtebaulicher Vertrag zum Bebauungsplan 2450 Neues Hulsberg-Viertel. Bremen. Online abrufbar: <https://neues-hulsberg.de/wp-content/uploads/2018/06/180529-01-Staedtebaulicher-Vertrag-Digitale-Ausfertigung.pdf> (Zugriff am 08.01.2020)



State of Green (Hg.) 2018: Fernwärme und -kälte. Energieeffizienz für städtische Gegenden. Think Denmark. White papers for a green transition.

Stete Planung/ Wissenschaftsstadt Darmstadt 2017: Mobilitätskonzept in der Lincoln-Siedlung – Veranstaltung für Bewohnerinnen und Bewohner. Dokumentation. Online abrufbar: <https://www.lincoln-siedlung.de/download.cfm?folder=6307JE466A8CA07C98629076A06040441&download=1001J44A404870441> (Zugriff am 08.01.2020)

STMI Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (Hg.) 2010: Energie und Ortsplanung. Arbeitsblätter für die Bauleitplanung Nr. 17. München.

Stockinger, Volker/ Jensch, Werner/ Grunewald, John 2014: +EINS Plusenergiesiedlung Ludmilla-Wohnpark Landshut. Schlussbericht. Online abrufbar: [https://w3-mediapool.hm.edu/mediapool/media/fk05/fk05\\_lokal\\_1/fk05vs/forschung\\_und\\_entwicklung/publikationen\\_dr\\_\\_volker\\_stockinger/150708\\_Endbericht\\_Eins\\_Gesamt.pdf](https://w3-mediapool.hm.edu/mediapool/media/fk05/fk05_lokal_1/fk05vs/forschung_und_entwicklung/publikationen_dr__volker_stockinger/150708_Endbericht_Eins_Gesamt.pdf) (Zugriff am 15.10.2019)

Sturm, Axel 2019: Nordstadt wird mit Gas beheizt. Gemeinderat stimmte Nahwärmeversorgungs-Konzept zu – Zweifel in einigen Fraktionen blieben bestehen. Artikel in der Rhein-Neckar-Zeitung am 01.03.2019

Traber, Thure/ Fell, Hans-Josef/ Energy Watch Group (Hg.) 2019: Erdgas leistet keinen Beitrag zum Klimaschutz. Der Umstieg von Kohle und Erdöl auf Erdgas beschleunigt den Klimawandel durch alarmierende Methanemissionen. Online abrufbar: [http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG\\_Erdgasstudie\\_2019.pdf](http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_Erdgasstudie_2019.pdf) (Zugriff am 10.12.2019)

TU Darmstadt/ TU Braunschweig 2013: Gebäude Begrünung Energie. Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld. Abschlussbericht August 2013.

UBA Umweltbundesamt 2011: Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs für Gebäudekühlung. Dessau-Roßlau. Online abrufbar: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3979.pdf> (Zugriff am 27.08.2019)

Umweltbundesamt 2012: Klimaschutz in der räumlichen Planung Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Praxishilfe. Dessau-Roßlau.

Umweltbundesamt 2017: Daten und Fakten zu Braun- und Steinkohlen. Hintergrund, Dezember 2017. Dessau-Roßlau. Online abrufbar: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/171207\\_uba\\_hg\\_braunsteinkohle\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/171207_uba_hg_braunsteinkohle_bf.pdf) (Zugriff am 13.06.2019)

Umweltbundesamt 2018: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2017. Dessau-Roßlau

Umweltbundesamt 2019: Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2018. HINTERGRUND // MÄRZ 2019. Berlin.

Umweltministerium Baden-Württemberg (Hg.) 2009: Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen für Ein- und Zweifamilienhäuser oder Anlagen mit Energieentzug bis zirka 45.000 kWh pro Jahr.

Universitätsstadt Tübingen 2014: Satzung über die öffentliche Fernwärmeversorgung im Gebiet „Güterbahnhof“ (FWS Güterbahnhof) vom 17. Februar 2014. online abrufbar: [https://www.tuebingen.de/verwaltung/uploads/fernwaermesatzung\\_gueterbahnhof.pdf](https://www.tuebingen.de/verwaltung/uploads/fernwaermesatzung_gueterbahnhof.pdf) (Zugriff am 05.01.2020)

Universitätsstadt Tübingen 2016: Vorlage 529a/2016. Betreff: Niedrigenergiebeschluss; Fortschreibung. Tübingen. Online abrufbar: [https://www.tuebingen.de/gemeinderat/vo0050.php?\\_\\_kvonr=9087](https://www.tuebingen.de/gemeinderat/vo0050.php?__kvonr=9087) (Zugriff am 10.10.2019)

Universitätsstadt Tübingen 2016a: Begründung zum Bebauungsplan „Alte Weberei“ in Tübingen-Lustnau vom 30.12.2016. Anlage 4 zu Vorlage 25/2017

Vattenfall Wärme Hamburg GmbH o.J.: Wärme für wachsende Ansprüche. Das Fernwärme-Konzept für die westlichen HafenCity in Hamburg.

Verein der Kohlenimporteure 2018: Jahresbericht 2018. Fakten und Trends 2017/18.

Vohrer, Philipp/ Mühlenhoff, Jörg/ Müller, Alena 2015: Erneuerbare Wärme. Renewes Spezial Nr. 76/ November 2015.

Website Agentur für Erneuerbare Energien: Liberalisierung des Strommarktes: Befreiung für neue Anbieter und die Erneuerbaren. <https://www.unendlich-viel-energie.de/liberalisierung-des-strommarktes-befreiung-fuer-neue-anbieter-und-die-erneuerbaren> (Zugriff am 30.09.2019)

Website Agentur für Erneuerbare Energien\_a: <https://www.unendlich-viel-energie.de/themen/politik/erneuerbare-energien-gesetz-eeg/erfolgsgeschichte-eeg-das-erneuerbare-energien-gesetz> (Zugriff am 19.10.2019)

Website Agora Energiewende: <https://www.agora-energiewende.de/presse/neuigkeiten-archiv/co2-preis-drueckt-treibhausgasemissionen-und-kohleverstromung-2019-auf-rekordtiefs/> (Zugriff am 10.01.2020)

Website BA\_online: <https://www.ba-online.info/816-0-Umweltwaerme+fuer+das+Neue+Duesseldorfer+Stadtquartier.html> (Zugriff am 09.12.2019)

Website Baden\_Online\_a: <https://www.bo.de/lokales/offenburg/co2-neutrales-stadtquartier-im-spinnerei-areal> (Zugriff am 30.08.2019)

Website Baden\_Online\_b: <https://www.bo.de/lokales/offenburg/neue-wasserkraftanlage-am-muehlbach-in-betrieb> (Zugriff am 30.8.2019)

Website BAFA: [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermetetze/waermetetze\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermetetze/waermetetze_node.html) (Zugriff am 22.08.2019)

Website BAFA: [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermetetze/waermetetze\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermetetze/waermetetze_node.html) (Zugriff am 10.02.2020)

Website Baunetz PV: <https://www.baunetzwissen.de/solar/fachwissen/pv-am-gebaeude/gebaeudeintegrierte-photovoltaik-gipv-165754> (Zugriff am 17.06.2019)

Website BDEW: [https://www.bdew.de/media/documents/Beheizungsstruktur\\_Wohnungsneubau\\_Entw\\_10J\\_online\\_o\\_quartalsweise\\_Ki\\_02122019.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Beheizungsstruktur_Wohnungsneubau_Entw_10J_online_o_quartalsweise_Ki_02122019.pdf) (Zugriff am 10.01.2020)

Website BEA Kiezstrom: <https://www.bea-kiezstrom.de/bea-kiezstrom-mieterstrom> (Zugriff am 10.01.2020)

Website BINE: <http://www.bine.info/publikationen/publikation/null-und-plusenergiegebaeude/konzepte-auf-quartiersebene/> (Zugriff am 12.12.2019)

Website bizz\_energy 2017: [https://bizz-energy.com/die\\_sonne\\_scheint\\_noch\\_nicht\\_fuer\\_alle\\_mieter](https://bizz-energy.com/die_sonne_scheint_noch_nicht_fuer_alle_mieter) (Zugriff am 06.06.2019)

Website BMU: Zugriff auf <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/elektromobilitaet/allgemeine-informationen/vorteile-elektrischer-antriebe/> am 12.07.2019

Website BMWi\_a: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/mieterstrom.html> (Zugriff am 06.12.2019)

Website BMWi\_b: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2019/20191023-bundeskabinett-hat-den-gesetzentwurf-fuer-das-gebaeudeenergiegesetz-beschlossen.html> (Zugriff am 10.10.2020)

Website Bundesnetzagentur: <https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/FAQs/DE/Sachgebiete/Energie/Verbraucher/PreiseUndRechnungen/WieSetztSichDerStrompreisZusammen.html> (Zugriff am 23.05.2019)

Website Bundesnetzagentur\_a: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Verbraucher/PreiseRechnTarife/preiseundRechnungen-node.html> (Zugriff am 10.01.2020)

Website Bundesnetzagentur\_b: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Bilder/DE/Sachgebiete/Energie/Verbraucher/strompreiszusammen\\_2019.jpg?\\_\\_blob=poster&v=2](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Bilder/DE/Sachgebiete/Energie/Verbraucher/strompreiszusammen_2019.jpg?__blob=poster&v=2) (Zugriff am 10.01.2020)

Website Bundesregierung: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/nationaler-emissionshandel-1684508> (Zugriff am 22.12.2019)

Website Bundesregierung\_CO<sub>2</sub>: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/co2-bepreisung-1673008> (Zugriff am 10.10.2020)

Website BYAK: [https://www.byak.de/data/pdfs/AuT/Klimabus/2015-07-08\\_Reader\\_Klimabus\\_2015\\_rdz..pdf](https://www.byak.de/data/pdfs/AuT/Klimabus/2015-07-08_Reader_Klimabus_2015_rdz..pdf) (Zugriff am 07.01.2020)

Website Carmen: <https://www.carmen-ev.de/biogene-festbrennstoffe/waermetetze/2033-kalte-waermetetze> (Zugriff am 15.08.2019)

Website CO2online: <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/blockheizkraftwerk-kraft-waerme-kopplung/kwk-gesetz/> (Zugriff am 10.07.2019)

Website CO2online\_FW: <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/heizung/fernwaerme/> (Zugriff am 22.12.2019)

Website Destatis: [https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data;sid=DBDD9B9A3C2EED57857FA094DE94A49E.GO\\_1\\_4?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1564068718312&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&selectionname=31111-0008&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf](https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data;sid=DBDD9B9A3C2EED57857FA094DE94A49E.GO_1_4?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1564068718312&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&selectionname=31111-0008&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf) (Zugriff am 25.07.2019)

Website Destatis\_a: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data?operation=ergebnistabelleUmfang&levelindex=2&levelid=1575910801848&downloadname=31121-0004> (Zugriff am 09.12.2019)

Website Destatis\_b: [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/06/PD19\\_212\\_31121.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/06/PD19_212_31121.html) (Zugriff am 10.01.2020)

Website Destatis\_c: [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2018/10/PD18\\_378\\_85.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2018/10/PD18_378_85.html) (Zugriff am 10.0.2020)

Website Domagkpark: <https://www.domagkpark.de/nachrichten-detail/mietangebot-gewerbeflaeche-377.html> (Zugriff am 08.01.2020)

Website DWD: [https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20190102\\_waermstes\\_jahr\\_in\\_deutschland\\_2018.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20190102_waermstes_jahr_in_deutschland_2018.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (Zugriff am 02.05.2019)

Website E.on: <https://www.presseportal.de/pm/109984/4298303> (Zugriff am 24.09.2019)

Website Enbausa: <https://www.enbausa.de/heizung/aktuelles/artikel/moeckernkiez-auch-dank-contracting-gerettet-5880.html> (Zugriff am 30.08.2019)

Website Enbausa\_a: <https://www.enbausa.de/solarenergie/aktuelles/artikel/windrail-nutzt-wind-und-sonne-am-hausfirst-2634.html> (Zugriff am 17.10.2019)

Website Enbausa\_Möckernkiez: <https://www.enbausa.de/heizung/aktuelles/artikel/moeckernkiez-auch-dank-contracting-gerettet-5880.html> (Zugriff am 06.12.2019)

Website Energieagentur NRW: [https://www.energieagentur.nrw/eanrw/ea/premiere\\_fuer\\_nrw\\_energieplushaus\\_in\\_bottrop](https://www.energieagentur.nrw/eanrw/ea/premiere_fuer_nrw_energieplushaus_in_bottrop) (Zugriff am 10.01.2020)

Website Energieatlas Bayern: [https://www.energieatlas.bayern.de/thema\\_energie/vergleich.html](https://www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/vergleich.html) (Zugriff am 29.07.2019)

Website Energieexperten\_Stromcloud: <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/eigenverbrauch/strom-cloud.html> (Zugriff am 08.12.2019)

Website Energielexikon : <https://www.energie-lexikon.info/frischwasserstation.html> (Zugriff am 29.07.2019)

Website Energielexikon\_a: <https://www.energie-lexikon.info/einspeiseverguetung.html> (Zugriff am 06.12.2019)

Website Energiewendebauen: Zugriff auf <https://projektinfos.energiewendebauen.de/projekt/neckarpark-stuttgart-gewinnt-nahwaerme-und-kaelte-aus-dem-abwasserkanal/> am 07.08.2019

Website Energiewendebauen\_b: <https://projektinfos.energiewendebauen.de/projekt/solaraktive-netzgekoppelte-energieversorgung-fuer-neubausiedlung/> (Zugriff am 12.12.2019)

Website Energiexperten: <https://www.energie-experten.org/heizung/heizungstechnik/pufferspeicher/frischwasserstation.html> (Zugriff am 29.07.2019)

Website Energiexperten\_WP: <https://www.energie-experten.org/heizung/waermepumpe/betrieb/kuehlen.html> (Zugriff am 29.08.2019)

Website EnEv\_online: [https://enev-online.de/interviews/18.11.27\\_tuschinski\\_interview\\_bert\\_oschatz\\_geg\\_entwurf\\_aus\\_tga\\_sicht.pdf](https://enev-online.de/interviews/18.11.27_tuschinski_interview_bert_oschatz_geg_entwurf_aus_tga_sicht.pdf) (Zugriff am 10.10.2019)

Website EnEV\_online\_GEG: [http://www.enev-online.eu/geg\\_news/191023\\_geg\\_vom\\_bundeskabinett\\_beschlossen.htm](http://www.enev-online.eu/geg_news/191023_geg_vom_bundeskabinett_beschlossen.htm) (Zugriff am 10.12.2019)

Website Entega: [https://www.entega.ag/flex4energy/projekt\\_batteriespeicher.html](https://www.entega.ag/flex4energy/projekt_batteriespeicher.html) (Zugriff am 08.12.2019)

Website Envisage\_a: <http://www.envisage-wuestenrot.de/images/aktuelles/agrothermie-ivv.pdf> (Zugriff am 30.08.2019)

Website Envisage\_b: <http://www.envisage-wuestenrot.de/fotos-termine-dateien/erneuerbare-energien/agrothermie-geothermie> (Zugriff am 30.08.2019)

Website esquire : <https://www.entega.ag/esquire/index.html> (Zugriff am 18.07.2019)

Website Euwid: <https://www.euwid-energie.de/naturstrom-wird-im-berliner-zukunftsquartier-neulichterfelde-zum-mikrostadtwerk/> (Zugriff am 04.01.2020)

Website evohaus esquire: <https://www.esquire-projekt.de/die-quartiere/mannheim.html> (Zugriff am 18.07.2019)

Website FAZ: <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/rekordsommer-fuer-klimageraete-hersteller-15731477.html> (Zugriff am 29.08.2019)

Website föderal\_erneuerbar: [https://www.foederal-erneuerbar.de/quellen#term\\_48\\_lak-2019](https://www.foederal-erneuerbar.de/quellen#term_48_lak-2019) (Zugriff am 07.10.2019)

Website Frank GmbH: <https://www.frank-gmbh.de/de/Produktgruppen/Abwasser-Umwelt/PKS-Thermpipe.php> (Zugriff am 21.08.2019)

Website Franklin mobil: <https://franklin-mannheim.de/franklin-mobil-gegruendet-5310> (Zugriff am 03.10.2019)

Website Franklin News: <https://franklin-mannheim.de/services/downloads> (Zugriff am 08.01.2020)

Website geo-en: <https://www.geo-en.de/referenzen/wohnanlagen-quatiere/berlin-zehlendorf-900kw> (Zugriff am 15.01.2020)

Website Gründach Hamburg: <https://www.hamburg.de/gruendach/4419524/photovoltaik-oder-solarthermieranlagen/> (Zugriff am 19.06.2019)

Website Hafencity Ost: <https://www.hafencity.com/de/news/die-waermeversorgung-fuer-die-oestliche-hafencity-ist-entschieden-.html> (Zugriff am 07.03.2019)

Website Hamburg Watercycle\_a: <https://www.hamburgwatercycle.de/startseite/> (Zugriff am 02.12.2019)

Website Hamburg Watercycle\_b: <https://www.hamburgwatercycle.de/hamburg-water-cycler/schwarzwasser/> (Zugriff am 02.12.2019)

Website Hamburg\_Gründach: <https://www.hamburg.de/gruendach/> (Zugriff am 06.12.2019)

Website Heidelberg\_Bahnstadt: [https://www.heidelberg.de/hd\\_Lde/899018.html?nodeID=7505018&zmdetail=1](https://www.heidelberg.de/hd_Lde/899018.html?nodeID=7505018&zmdetail=1) (Zugriff am 10.10.2019)

Website Heizspiegel: <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizspiegel/> (Zugriff am 10.10.2019)

Website Hulsberg: <https://neues-hulsberg.de/aktuelles/> (Zugriff am 08.01.2020)

Website i\_city: [https://www.hft-stuttgart.de/Forschung/i\\_city/Projekt/index.html/de](https://www.hft-stuttgart.de/Forschung/i_city/Projekt/index.html/de) (Zugriff am 07.10.2019)

Website IAB Weimar: <https://www.iab-weimar.de/psk-thermpipe-produkt-innovation/> (Zugriff am 21.08.2019)

Website IBA Hamburg: <https://www.internationale-bauausstellung-hamburg.de/projekte/energiebunker/projekt/energiebunker.html> (Zugriff am 10.02.2020)

Website IINAS: <http://iinas.org/ueber.html> (Zugriff am 29.08.2019)

Website IKT: [https://www.ikt.de/website/infratech2014/lauefle\\_energie\\_aus\\_abwasser.pdf](https://www.ikt.de/website/infratech2014/lauefle_energie_aus_abwasser.pdf) (Zugriff am 21.08.2019)

Website ISF: <https://isfh.de/forschung/solare-systeme/arbeitsgruppen/elektrische-energiesysteme/mieterstrom-tool/> (Zugriff am 10.07.2019)

Website KBA: Zugriff auf [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/b\\_jahresbilanz.html?nn=644526](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/b_jahresbilanz.html?nn=644526) am 12.05.2020

Website KFW: <https://www.carmen-ev.de/infotehk/foerderung/erneuerbare-energien/457-map-fuer-nahwaermenetze> (Zugriff am 10.02.2020)

Website KIT: [https://www.ifr.kit.edu/mitarbeiter\\_4697.php](https://www.ifr.kit.edu/mitarbeiter_4697.php) (Zugriff am 10.10.2020)

Website KKA: [https://www.kka-online.info/news/2018-wurden-15-bis-20-prozent-mehr-splitgeraete-verkauft\\_3243084.html](https://www.kka-online.info/news/2018-wurden-15-bis-20-prozent-mehr-splitgeraete-verkauft_3243084.html) (Zugriff am 29.08.2019)

Website Klinger Partner: Zugriff auf <https://www.klinger-partner.de/publikationen/abwasserw%C3%A4rmenutzung-f%C3%BCr-den-neckarpark> am 07.08.2019

Website Kommunal.de: <https://kommunal.de/bottrop-versucht-die-energiewende> (Zugriff am 10.10.2020)

Website Konstanz: <https://www.konstanz.de/start/service/stadt+konstanz+ruft+klimanotstand+aus.html> (Zugriff am 23.05.2019)

Website LAK: <http://www.lak-energiebilanzen.de> (Zugriff am 12.12.2019)

Website Landeshauptstadt Hannover: <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Umwelt-Nachhaltigkeit/Klimaschutz-Energie/Akteure-und-Netzwerke/Klima-Allianz-Hannover/Klimaschutzprojekte/Klimaschutzsiedlung-zero-e-park/Beratung> (Zugriff am 10.10.2019)

Website LHS: <https://www.stuttgart.de/item/show/273273/1/9/677133?> (Zugriff am 15.10.2019)

Website Lichtenfelde\_Sued: <https://www.lichterfelde-sued-im-dialog.de/2018/09/es-geht-weiter-mit-dem-masterplan/> (Zugriff am 04.01.2020)

Website LZ\_online: <https://www.landeszeitung.de/blog/lokales/1916482-abriss-bagger-rollen-an> (Zugriff am 06.01.2020)

Website Mannheim Klimakurs: <https://www.mannheim.de/de/service-bieten/mannheim-auf-klimakurs> (Zugriff am 02.10.2019)

Website Mannheim\_Weißbuch: <https://www.konversion-mannheim.de/weissbuchprozess> (Zugriff am 03.10.2019)

Website Marktoberdorf: [https://www.klimaschutz-marktoberdorf.de/downloads/Klimaschutzprogramm\\_Neubaugebiete.pdf](https://www.klimaschutz-marktoberdorf.de/downloads/Klimaschutzprogramm_Neubaugebiete.pdf) (Zugriff am 01.12.2019)

Website MVV\_Franklin: <https://www.mvv.de/energie/kundenservice/franklin/> (Zugriff am 01.12.2019)

Website MVV\_FW: <https://www.mvv.de/energie/gewerbe/fernwaerme/therma/> (Zugriff am 22.12.2019)

Website MWSP\_Franklin: <https://franklin-mannheim.de/quarter/planungsprozess> (Zugriff am 19.12.2019)

Website Naturstrom: <https://www.naturstrom.de/ueber-uns/presse/news-detail/quartersversorgung-im-moeckernkiez-als-projekt-n-ausgezeichnet/> (Zugriff am 30.08.2019)

Website Naturstrom\_Domagkpark: <https://www.naturstrom.de/ueber-uns/presse/news-detail/energiewende-fuer-alle-naturstrom-verwirklicht-mieterstrom-konzept-in-muenchens-domagkpark/> (Zugriff am 06.12.2019)

Website Naturstrom\_Lichtenfelde: <https://www.naturstrom.de/ueber-uns/presse/news-detail/naturstrom-wird-zum-mikrostadtwerkR/> (Zugriff am 04.01.2020)

Website Newtonprojekt: <https://www.newtonprojekt.de/node/2> (Zugriff am 12.12.2019)

Website ökologisch Bauen: <https://www.oekologisch-bauen.info/haustechnik/heizsysteme/waermepumpe/leistungszahlen.html> (Zugriff am 29.07.2019)

Website op\_online: <https://www.op-online.de/region/hanau/pioneer-park-hanau-stadtwerke-holen-partner-boot-9855142.html> (04.01.2020)

Website Projektgruppe Konversion: <https://www.mannheim.de/de/stadt-gestalten/verwaltung/aemter-fachbereiche-eigenbetriebe/stadtplanung/konversion> (Zugriff am 03.10.2019)

Website Sagmeister 2016: MVV Energie beendet Projekt Strombank . Zugriff auf <https://www.energie-und-management.de/nachrichten/detail/mvv-energie-beendet-projekt-strombank-117067> am 18.07.2019

Website SimStadt: <http://www.simstadt.eu/de/index.jsp> (Zugriff am 04.10.2019)

Website Solarthemen: <https://www.solarthemen.de/index.php/2005/07/29/rettenbach-eiin-zukunftstssffahiigess-idyll/> (Zugriff am 10.10.2019)

Website SPON\_Anwohnerproteste 2018: <https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/sozialwohnungen-anwohner-stoppen-viele-neue-bauprojekte-a-1222616.html> (Zugriff am 01.10.2019)

Website SPON\_Strom: <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/oekostrom-nachfrage-steigt-laut-verivox-deutlich-a-1276156.html> (Zugriff am 24.09.2019)

Website Stadt Berlin: <https://www.berlin.de/ba-steglitz-zehlendorf/politik-und-verwaltung/aemter/stadtentwicklungsamt/stadtplanung-und-denkmalschutz/stadtplanung/staedtebauliche-planung/konzepte/artikel.81926.php> (Zugriff am 04.01.2020)

Website Stadt Frankfurt: [https://www.frankfurt.de/sixcms/detail.php?id=2853&ffmpar\[\\_id\\_inhalt\]=5343485](https://www.frankfurt.de/sixcms/detail.php?id=2853&ffmpar[_id_inhalt]=5343485) (Zugriff am 10.10.2019)

Website Stadt Freiburg\_a: <https://www.freiburg.de/pb/Lde/208100.html> (Zugriff am 10.10.2019)

Website Stadt Freiburg\_b: [https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/documents\\_E1711140426/freiburg/pressroom/2016/05/11-05%20Gutleutmatten-Energiekonzept.pdf](https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/documents_E1711140426/freiburg/pressroom/2016/05/11-05%20Gutleutmatten-Energiekonzept.pdf) (Zugriff am 12.12.2019)

Website Stadt Hanau: <https://www.sitzungsdienst-hanau.de/bi/vo020.asp?VOLFDNR=9522> (Zugriff am 04.01.2020)

Website Stadt Heidelberg: <https://www.heidelberg.de/hd/HD/Leben/Foerderprogramm+Umweltfreundlich+mobil2.html> (Zugriff am 15.10.2019)

Website Stadt Lueneburg: <https://www.hansestadtlueneburg.de/Home-Hansestadt-Lueneburg/Stadt-und-Politik/Aktuelles-hansestadt-lueneburg/Pressearchiv-hansestadt-lueneburg/startschuss-fuer-hanseviertel-ost.aspx> (Zugriff am 06.01.2020)

Website Stadt Mannheim\_Spinelli: <https://www.mannheim.de/de/stadt-gestalten/konversion/projekte/staedtebau-kaefertal-sued> (Zugriff am 03.10.2019)

Website Stadt München: <https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Kreisverwaltungsreferat/Verkehr/Mobilitaetsberatung/Civitas-Eccentric/Projektmassnahmen/Quartierslogistik---Concierge.html> (Zugriff am 08.01.2020)

Website Stadt Wien Aspern: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/aspern-seestadt/bildung-forschung/ascr.html> (Zugriff am 18.07.2019)

Website Stadt\_Werk: [https://www.stadt-und-werk.de/meldung\\_24430\\_Strom+und+W%C3%A4rme+f%C3%BCr+Berliner+Quartier.html](https://www.stadt-und-werk.de/meldung_24430_Strom+und+W%C3%A4rme+f%C3%BCr+Berliner+Quartier.html) (Zugriff am 30.08.2019)

Website Städtebauforderung\_MA: [https://www.staedtebauforderung.info/StBauF/DE/Programm/Stadtbau/StadtbauWest/Praxis/Kommunale\\_Praxisbeispiele/Massnahmen/mannheim/mannheim\\_node.html](https://www.staedtebauforderung.info/StBauF/DE/Programm/Stadtbau/StadtbauWest/Praxis/Kommunale_Praxisbeispiele/Massnahmen/mannheim/mannheim_node.html) (Zugriff am 30.08.2019)

Website Stadtentwässerung Stuttgart: Zugriff auf <https://www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/unternehmen/umweltschutz-und-gemeinwohnbilanz/abwasserwaermenutzung/> am 07.08.2019

Website Stadtklimalotse: <http://www.stadtklimalotse.net/> (Zugriff am 02.05.2019)

Website Stadtwerke Bamberg: <https://www.stadtwerke-bamberg.de/energie/oekostrom/erneuerbar-und-effizient/lagarde-40/> (Zugriff am 10.10.2019)

Website Stadtwerke Bamberg\_a: [https://www.stadtwerke-bamberg.de/fileadmin/user\\_upload/Dokumente/Energie/Erneuerbare\\_Energie/022\\_2019\\_Machbarkeitsstudie\\_Waermekonzept\\_Lagarde\\_abgeschlossen\\_05062019.pdf](https://www.stadtwerke-bamberg.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Energie/Erneuerbare_Energie/022_2019_Machbarkeitsstudie_Waermekonzept_Lagarde_abgeschlossen_05062019.pdf) (Zugriff am 15.10.2019)

Website Stromauskunft: <https://www.stromauskunft.de/oekostrom/echter-oekostrom/> (Zugriff am 30.09.2019)

Website SWM: <https://www.swm.de/privatkunden/unternehmen/energieerzeugung/geothermie.html> (Zugriff am 9.4.2018)

Website Tschüss\_Kohle: <https://www.tschuess-kohle.de/kohleausstiegsgesetz/> (Zugriff am 12.12.2019)

Website UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-emission-von-treibhausgasen#textpart-1> (Zugriff am 30.04.2019)

Website UBA 2018: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/hohe-kosten-durch-unterlassenen-umweltschutz> (Zugriff am 19.06.2019)

Website UBA 2020: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromerzeugung-erneuerbar-konventionell#stromerzeugung-nach-energietragern-> (Zugriff am 20.03.2020)

Website UBA EE Wärme: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#statusquo> (Zugriff am 09.04.2019)

Website UBA\_a: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/konsum-umwelt-zentrale-handlungsfelder#textpart-1> (Zugriff am 30.04.2019)

Website UBA\_b: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte> (Zugriff am 07.05.2019)

Website UBA\_c: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-sinken> (Zugriff am 23.05.2019)

Website UBA\_CO2EU: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-der-europaischen-union#textpart-2> (Zugriff am 02.05.2019)

Website UBA\_d: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromerzeugung-erneuerbar-konventionell#textpart-1> (Zugriff am 23.05.2019)

Website UBA\_e: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen#textpart-1> (Zugriff am 28.06.2019)

Website UBA\_EE: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#textpart-1> (Zugriff am 09.12.2019)

Website UBA\_f: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#textpart-4> (Zugriff am 09.12.2019)

Website UBA\_g: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte> (Zugriff am 01.08.2019)

Website UBA\_h: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/5\\_datentabelle-zur-abb\\_energieverbrauch-privater-hh-waermeszwecke\\_2018-02-14.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/5_datentabelle-zur-abb_energieverbrauch-privater-hh-waermeszwecke_2018-02-14.pdf) (Zugriff am 21.08.2019)

Website UBA\_i: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/kraft-waerme-kopplung-kwk#textpart-5> (Zugriff am 21.08.2019)

Website UBA\_j: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/kohlendioxid-emissionen-im-bedarfsfeld-wohnen> (Zugriff am 09.12.2019)

Website UBA\_k: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme#textpart-1> (Zugriff am 15.08.2019)

Website UBA\_Klimalotse: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/klimalotse#Einführung> (Zugriff am 02.05.2019)

Website UBA\_l: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/fluorierte-treibhausgase-fckw/anwendungsbereiche-emissionsminderung/gebäudeklimatisierung> (Zugriff am 29.08.2019)

Website UBA\_m: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/11\\_abb\\_waermeverbrauch-ee\\_2019-09-27.png](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/11_abb_waermeverbrauch-ee_2019-09-27.png) (Zugriff am 10.12.2019)

Website UBA\_n: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/umgebungswaerme-waermepumpen#Perspektiven> (Zugriff am 09.12.2019)

Website UBA\_o: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#textpart-1> (Zugriff am 10.01.2020)

Website UBA\_p: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren> (Zugriff am 10.01.2020)

Website UBA\_q: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/2\\_abb\\_co2-emiss-wohnen\\_2018-06-13.png](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/2_abb_co2-emiss-wohnen_2018-06-13.png) (Zugriff am 10.01.2020)

Website UBA\_r: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/3\\_abb\\_bereich-wohnen-anwender-co2\\_2018-06-13\\_0.png](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/3_abb_bereich-wohnen-anwender-co2_2018-06-13_0.png) (Zugriff am 10.01.2020)

Website UBA\_s: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/energiepreisentwicklung-pdf-5619001.pdf?\\_\\_blob=publication-file](https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/energiepreisentwicklung-pdf-5619001.pdf?__blob=publication-file) (Zugriff am 10.01.2020)

Website UBA\_t: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromerzeugung-erneuerbar-konventionell#stromerzeugung-nach-energietragern-> (Zugriff am 10.05.2020)

Website UBA\_u: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/bilder/anteil\\_ee\\_in\\_den\\_sektoren\\_09-2019.png](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/bilder/anteil_ee_in_den_sektoren_09-2019.png) (Zugriff am 10.01.2020)

Website UBA\_v: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#textpart-2> (Zugriff am 10.01.2020)

Website UBA\_w: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/bilder/waermepumpe.jpg> (Zugriff am 10.01.2020)

Website Uni Bamberg: <https://www.uni-bamberg.de/presse/pm/artikel/lagarde-ergebnisse-umfrage/> (Zugriff am 08.01.2020)

Website Wamsler Architekten: [https://www.wamsler-architekten.de/index.php?we\\_objectID=39](https://www.wamsler-architekten.de/index.php?we_objectID=39) (Zugriff am 30.08.2019)

Website Wärmepumpe.de: [https://www.waermepumpe.de/presse/referenzobjekte/bwp-datenbank/?tx\\_refobjdb\\_house%5Bdetailid%5D=64&tx\\_refobjdb\\_house%5Baction%5D=show&tx\\_refobjdb\\_house%5Bcontroller%5D=House](https://www.waermepumpe.de/presse/referenzobjekte/bwp-datenbank/?tx_refobjdb_house%5Bdetailid%5D=64&tx_refobjdb_house%5Baction%5D=show&tx_refobjdb_house%5Bcontroller%5D=House) (Zugriff am 12.12.2019)

Website WIT\_TUE: <https://www.tuebingen.de/wit/#8602> (Zugriff am 01.12.2019)

Website Wohnbau Lörrach: <https://www.wohnbau-loerrach.de/de/Lebendige-Wohnquartiere/Unsere-Quartiere/Niederfeldplatz> (Zugriff am 29.08.2019)

Website ZFK: <https://www.zfk.de/energie/waerme/artikel/mvv-muss-fernwaermepreis-anpassen-2019-06-20/> (Zugriff am 22.12.2019)

Website ZFK: <https://www.zfk.de/digitalisierung/smart-energy/artikel/hanau-stadtwerke-und-getec-kooperieren-im-pionier-park-2019-04-04/> (Zugriff am 04.01.2020)

Wesselak, Viktor/ Schabbach, Thomas/ Link, Thomas/ Fischer Joachim 2017: Handbuch Rgenerative Energietechnik. 3. Auflage. Berlin

Will, Harald/ Zuber, Fabian 2017: Geschäftsmodelle mit PV-Mieterstrom. PV Financing Project. München, Berlin.

Wirtschaftsförderung Tübingen o.J.a: Die Alte Weberei Lustnau. Infoblatt4 Energiekonzept.

Wissenschaftsstadt Darmstadt 2017: Anlage zur Vorlage 2017/0017. Durchführungsvertrag zur Umsetzung des Städtebaulichen Vertrags zur Konversion der Lincoln-Siedlung vom 15.12.2015. Zugriff auf [https://darmstadt.more-rubin1.de/show\\_anlagen.php?\\_typ\\_432=vorl&\\_doc\\_n1=20170123142120.pdf&\\_vorl\\_nr=291901100016&\\_nid\\_nr=&\\_nk\\_nr=29](https://darmstadt.more-rubin1.de/show_anlagen.php?_typ_432=vorl&_doc_n1=20170123142120.pdf&_vorl_nr=291901100016&_nid_nr=&_nk_nr=29), [https://darmstadt.more-rubin1.de/beschluesse\\_details.php?vid=291901100016&nid=ni\\_2017-HFA-129&suchbegriff=st%E4dtebaulicher+Vertrag+lincoln&select\\_gremium=&select\\_art=&status=1&x=11&y=4](https://darmstadt.more-rubin1.de/beschluesse_details.php?vid=291901100016&nid=ni_2017-HFA-129&suchbegriff=st%E4dtebaulicher+Vertrag+lincoln&select_gremium=&select_art=&status=1&x=11&y=4) am 08.06.2019

Wissenschaftsstadt Darmstadt 2018: Mobilitätskonzept lincolnsiedlung. Darmstadt

Wissenschaftsstadt Darmstadt 2019: Satzung über die Einschränkung der und den Verzicht auf die Herstellung von notwendigen und nicht notwendigen Stellplätzen in der Lincoln-Siedlung Einschränkungs- und Verzichtssatzung Lincoln-Siedlung. Vom 11.12.2019. online abrufbar: <https://www.darmstadt.de/fileadmin/PDF-Rubriken/Rathaus/satzungen/664.pdf> (Zugriff am 08.01.2020)

Wolff, Dieter/ Jagnow, Kati 2011: Untersuchung von Nah- und Fernwärmenetzen: Überlegungen zu Einsatzgrenzen und zur Gestaltung einer zukünftigen Fern- und Nahwärmever-sorgung. Wolfenbüttel/Braunschweig. Online abrufbar: <http://www.delta-q.de/export/sites/default/de/downloads/fernwaermestudie.pdf> (Zugriff am 18.10.2019)

Wuppertal Institut (Hg.) 2015: Konsistenz und Aussagefähigkeit der Primärenergie-Faktoren für Endenergieträger im Rahmen der EnEV. Diskussionspapier unter Mitarbeit von Dietmar Schüwer, Thomas Hanke und Hans-Jochen Luhmann. Wuppertal, Dezember 2015.

## 8.4 LITERATURVERZEICHNIS PROJEKTANALYSEN

### Literatur zu Kapitel 4 gegliedert nach Projekten

#### Bad Aibling: Nullenergiestadt Mietraching

Böhm, Ernst 2013: Ganzheitliche Siedlungsprojekte in Holzbauweise. Präsentation im Rahmen des Symposium Urbaner Holzbau am 19.11.2013. „City of Wood“ in Bad Aibling online abrufbar: <https://docplayer.org/35325258-Ganzheitliche-siedlungsprojekte-in-holzbauweise-city-of-wood-in-bad-aibling.html> (Zugriff am 20.01.2020)

Böhm, Ernst/ Eitner, Jens 2012: City of wood. 18. Internationales Holzbau-Forum 2012.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hg.) 2010: KONVERSION. Von der Militärbrache zur Nullenergiestadt. Das B&O - Parkgelände Bad Aibling auf dem Weg in die Zukunft. Berichtsstand April 2010.

Erhorn-Kluttig, Heike/ Erhorn, Hans 2016: Energetische Bilanzierung von Quartieren. Ergebnisse und Benchmarks aus Pilotprojekten – Forschung zur energieeffizienten Stadt. Herausgeber: Begleitforschung EnEff:Stadt, Berlin

#### Esslingen: Neue Weststadt

Stadt Esslingen am Neckar 2018: Beschlussvorlage BC/545/2018. Betreff: SWE GmbH & Co. KG – Beteiligung an der neu zu gründenden Green Hydro- gen Esslingen GmbH. Online abrufbar: [https://ris.esslingen.de/sdnetrim/UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZd8GMox3Rxh8ezlJ6DfLWbrbFxFzVgDskN\\_0sjN\\_aHq5/Beschlussvorlage\\_BC-545-2018.pdf](https://ris.esslingen.de/sdnetrim/UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZd8GMox3Rxh8ezlJ6DfLWbrbFxFzVgDskN_0sjN_aHq5/Beschlussvorlage_BC-545-2018.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

Stadt Esslingen am Neckar 2019a: Beschlussvorlage 61/247/2019. Förderprojekt „Klimaneutrales Stadtquartier Neue Weststadt - ES\_West\_P2G2P“ - Teilprojekt Öffentlichkeitsarbeit / BürgerInnenbeteiligung der Stadt Esslingen. Online abrufbar: [https://ris.esslingen.de/sdnetrim/UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZadd\\_yDyl01d5afMffMDQ5EYmecYIQHsTH0A8cRaGi-N/Beschlussvorlage\\_61-247-2019.pdf](https://ris.esslingen.de/sdnetrim/UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZadd_yDyl01d5afMffMDQ5EYmecYIQHsTH0A8cRaGi-N/Beschlussvorlage_61-247-2019.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

Stadt Esslingen am Neckar 2019b: Klimaneutrales Stadtquartier Neue Weststadt. Statusbericht ES\_West\_P2G2P. Präsentation im Ausschuss für Technik und Umwelt am 15.07.2019. online abrufbar: [https://ris.esslingen.de/sdnetrim/UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZRB4NswVhWjqDX54qjDRLt\\_-Xy7Rc1zhfYKrkj42CpjkU/Praesentation\\_Statusbericht\\_ES\\_West\\_P2G2P.pdf](https://ris.esslingen.de/sdnetrim/UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZRB4NswVhWjqDX54qjDRLt_-Xy7Rc1zhfYKrkj42CpjkU/Praesentation_Statusbericht_ES_West_P2G2P.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

Website RIS\_Esslingen\_a: Bebauungsplan Baublock D: [https://ris.esslingen.de/vorgang/?\\_\\_=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZR0iXbCUEKGzUTqrt0X0xy0](https://ris.esslingen.de/vorgang/?__=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZR0iXbCUEKGzUTqrt0X0xy0) (Zugriff am 20.01.2020)

Website RIS\_Esslingen\_b: Bebauungsplan Baublock D: [https://ris.esslingen.de/vorgang/?\\_\\_=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZw3vwhzRxPRp39YvNtl5C\\_I](https://ris.esslingen.de/vorgang/?__=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZw3vwhzRxPRp39YvNtl5C_I) (Zugriff am 20.02.2020)

Website RIS\_Esslingen\_c: Informationen zu ES\_West\_P2G2P: <https://ris.esslingen.de/sdnetrim/UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZeDwPxpM0g7B-j6qwQu1V7PsWoY4G-LY0VQVK1KlpBmv8/Sitzungspraesentation.pdf> (Zugriff am 20.01.2020)

Website\_ES\_Polarstern\_a: <https://www.polarstern-energie.de/presse/mitteilung/mieterstromversorgung-des-neuen-esslinger-quartiers-lokwest/> (Zugriff am 20.01.2020)

Website\_ES\_Polarstern\_b: <https://www.polarstern-energie.de/magazin/artikel/wasserstoff-im-mieterstrom/> (Zugriff am 20.01.2020)

Website\_ES\_Presse: <http://presse.esslingen.de/ekomm/presse/paweb.nsf/0aa9d75a8af56ea0c1256bc400461926/6be531ed2b99975fc125839700546ad8> (Zugriff am 20.01.2020)

Website\_ES\_SWE: <https://www.swe.de/de/News-room/Aktuelles/Pressemeldung-2019/Innovatives-Energiekonzept-fuer-Neue-Weststadt-ausgezeichnet.html> (Zugriff am 20.01.2020)

Website\_ES\_Weststadt\_a: [https://www.esslingen.de/start/es\\_themen/eswestp2g2p.html](https://www.esslingen.de/start/es_themen/eswestp2g2p.html) (Zugriff am 20.01.2020)

## Freiburg: Gutleutmatten

Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme/ Badenova Wärmeplus GmbH & Co KG 2019: EnWiSol. Solarthermie in der städtischen Energieversorgung – Energiewirtschaftliche Analyse und Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“. Online abrufbar: [http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn\\_nbn\\_de\\_0011-n-5495544.pdf](http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-5495544.pdf) (Zugriff am 02.02.2020)

Stadt Freiburg im Breisgau 2013a: Bebauungsplan mit örtlichen Bauvorschriften „Gutleutmatten“ mit Ausgleichsflächen in Waltershofen, Opfingen und Hochdorf. Begründung (24.09.2013). S. 19-20. Online abrufbar: [http://stadtplan.freiburg.de/BPlan\\_Raster/7800/BP\\_6\\_155\\_Bebauungsplan\\_mit\\_oertlichen\\_Bauvorschriften\\_Gutleutmatten\\_mit\\_Ausgleichsflaechen\\_in\\_Waltershofen\\_Opfingen\\_und\\_Hochdorf\\_Begruendung.pdf](http://stadtplan.freiburg.de/BPlan_Raster/7800/BP_6_155_Bebauungsplan_mit_oertlichen_Bauvorschriften_Gutleutmatten_mit_Ausgleichsflaechen_in_Waltershofen_Opfingen_und_Hochdorf_Begruendung.pdf) (Zugriff am 02.02.2020)

Stadt Freiburg im Breisgau 2013b: Bebauungsplan mit örtlichen Bauvorschriften „Gutleutmatten“ mit Ausgleichsflächen in Waltershofen, Opfingen und Hochdorf. Planzeichnung. online abrufbar: [http://stadtplan.freiburg.de/BPlan\\_Raster/7800/BP\\_6\\_155\\_Bebauungsplan\\_mit\\_oertlichen\\_Bauvorschriften\\_Gutleutmatten\\_mit\\_Ausgleichsflaechen\\_in\\_Waltershofen\\_Opfingen\\_und\\_Hochdorf.tif](http://stadtplan.freiburg.de/BPlan_Raster/7800/BP_6_155_Bebauungsplan_mit_oertlichen_Bauvorschriften_Gutleutmatten_mit_Ausgleichsflaechen_in_Waltershofen_Opfingen_und_Hochdorf.tif) (Zugriff am 02.02.2020)

Stadt Freiburg im Breisgau 2013c: Bebauungsplan mit örtlichen Bauvorschriften „Gutleutmatten“ mit Ausgleichsflächen in Waltershofen, Opfingen und Hochdorf. Textliche Festsetzungen. online abrufbar: [http://stadtplan.freiburg.de/BPlan\\_Raster/7800/BP\\_6\\_155\\_Bebauungsplan\\_mit\\_oertlichen\\_Bauvorschriften\\_Gutleutmatten\\_mit\\_Ausgleichsflaechen\\_in\\_Waltershofen\\_Opfingen\\_und\\_Hochdorf\\_Text.pdf](http://stadtplan.freiburg.de/BPlan_Raster/7800/BP_6_155_Bebauungsplan_mit_oertlichen_Bauvorschriften_Gutleutmatten_mit_Ausgleichsflaechen_in_Waltershofen_Opfingen_und_Hochdorf_Text.pdf) (Zugriff am 02.02.2020)

Stadt Freiburg im Breisgau 2018: Vorlage: G-18/228; Erfahrungsbericht Baugebiet Gutleutmatten. Anlage zur DRUCKSACHE G-18/228. online abrufbar: [https://ris.freiburg.de/show\\_anlagen.php?\\_typ\\_432=vorl&\\_sid=ni\\_2018-GR-176&\\_topst=1&\\_vorl\\_nr=3772308100240&\\_doc\\_n1=20181001134902.pdf](https://ris.freiburg.de/show_anlagen.php?_typ_432=vorl&_sid=ni_2018-GR-176&_topst=1&_vorl_nr=3772308100240&_doc_n1=20181001134902.pdf) (Zugriff am 02.02.2020)

Stadt Freiburg im Breisgau 2019: Drucksache BaUStA-19/002. Beschlussvorlage. 4. Änderung des Bebauungsplans mit örtlichen Bauvorschriften „Staudinger Schulen“, Plan-Nr. 6-29d (Haslach) - Beschleunigtes Verfahren nach § 13a Baugesetzbuch (BauGB). Online abrufbar: [https://ris.freiburg.de/show\\_pdf.php?\\_typ\\_432=vorl&\\_doc\\_n1=4370208100001.pdf&\\_nk\\_nr=437&\\_nid\\_nr=4370208100001&\\_neu\\_dok=&status=1&\\_sitzungsnummer=ni\\_2019-BaUStA-1&x=18&y=16](https://ris.freiburg.de/show_pdf.php?_typ_432=vorl&_doc_n1=4370208100001.pdf&_nk_nr=437&_nid_nr=4370208100001&_neu_dok=&status=1&_sitzungsnummer=ni_2019-BaUStA-1&x=18&y=16) (Zugriff am 02.02.2020)

Stadt Freiburg/ Badenova/ Fraunhofer ISE 2016: Pressemitteilung. Stadt und Badenova setzen solarthermisches Fernwärme-konzept für Gutleutmatten weiter um. Online abrufbar: [https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/documents\\_E1711140426/freiburg/pressroom/2016/05/11-05%20Gutleutmatten-Energiekonzept.pdf](https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/documents_E1711140426/freiburg/pressroom/2016/05/11-05%20Gutleutmatten-Energiekonzept.pdf) (Zugriff am 02.02.2020)

Website ISE\_Fraunhofer: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/enwisol.html> (Zugriff am 02.02.2020)

Website Lutz\_Badische Zeitung: <https://www.badische-zeitung.de/energiekonzept-von-gutleutmatten-gilt-bundesweit-als-beispiel-fuer-missglueckte-planung--177569144.html> (Zugriff am 02.02.2020)

Website Stadt Freiburg\_a: [https://ris.freiburg.de/anlagen.php?anz=be&vid=4370208100001&sid=ni\\_2019-BaUStA-1&status=1&x=18&y=16](https://ris.freiburg.de/anlagen.php?anz=be&vid=4370208100001&sid=ni_2019-BaUStA-1&status=1&x=18&y=16) (Zugriff am 02.02.2020) (Informationen zur Verlegung der Energiezentrale in BHKW)

## Hamburg: Hafencity

Enercity Contracting GmbH: Östliche Hafencity Hamburg. Wärmeversorgung, die mitwächst. Online abrufbar: [https://www.enercity-contracting.de/pool/downloads/flyer-zu-referenzobjekten/Referenzblatt\\_Hafencity\\_Hamburg.pdf](https://www.enercity-contracting.de/pool/downloads/flyer-zu-referenzobjekten/Referenzblatt_Hafencity_Hamburg.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg 2004a: Gesetz über den Bebauungsplan Hamburg-Altstadt 32/ Hafencity 1 vom 3. November 2004. Online abrufbar: [http://daten-hamburg.de/infrastruktur\\_bauen\\_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan/Hamburg-Altstadt32-Hafencity1.pdf](http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan/Hamburg-Altstadt32-Hafencity1.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg 2004b: Begründung zum Bebauungsplan Bebauungsplan Hamburg-Altstadt 32/ Hafencity 1 vom 3. November 2004. Online abrufbar: [http://daten-hamburg.de/infrastruktur\\_bauen\\_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan\\_begr/Hamburg-Altstadt32-Hafencity1.pdf](http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan_begr/Hamburg-Altstadt32-Hafencity1.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg 2008a: Bebauungsplan Hamburg-Altstadt39/ Hafencity5. Online abrufbar: [http://daten-hamburg.de/infrastruktur\\_bauen\\_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan/Hamburg-Altstadt39-Hafencity5.pdf](http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan/Hamburg-Altstadt39-Hafencity5.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg 2008b: Begründung zum Bebauungsplan Hamburg-Altstadt39/ Hafencity5. Online abrufbar: [http://daten-hamburg.de/infrastruktur\\_bauen\\_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan\\_begr/Hamburg-Altstadt39-Hafencity5.pdf](http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan_begr/Hamburg-Altstadt39-Hafencity5.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg 2014a: Bebauungsplan Hafencity11. Online abrufbar: [http://daten-hamburg.de/infrastruktur\\_bauen\\_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan/Hafencity11.pdf](http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan/Hafencity11.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg 2014b: Begründung zum Bebauungsplan Hafencity11. Online abrufbar: [http://daten-hamburg.de/infrastruktur\\_bauen\\_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan\\_begr/Hafencity11.pdf](http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan_begr/Hafencity11.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg 2016a: Bebauungsplan Hafencity 14. Online abrufbar: [http://daten-hamburg.de/infrastruktur\\_bauen\\_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan/Hafencity14.pdf](http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan/Hafencity14.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg 2016b: Begründung zum Bebauungsplan Hafencity 14. Online abrufbar: [http://daten-hamburg.de/infrastruktur\\_bauen\\_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan\\_begr/Hafencity14.pdf](http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan_begr/Hafencity14.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Hafencity Hamburg GmbH 2017a: Umweltzeichen Hafencity. Nachhaltiges Bauen in der Hafencity. Version 3.0. Online abrufbar: [https://www.hafencity.com/upload/files/artikel/Umweltzeichen\\_Hafencity\\_2017\\_\\_Version\\_3.0\\_.pdf](https://www.hafencity.com/upload/files/artikel/Umweltzeichen_Hafencity_2017__Version_3.0_.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Hafencity Hamburg GmbH 2017b: Themen Quartiere Projekte. März 2017. Online abrufbar: [https://www.hafencity.com/upload/files/files/HafencityProjekte\\_Maerz\\_2017\\_deutsch.pdf](https://www.hafencity.com/upload/files/files/HafencityProjekte_Maerz_2017_deutsch.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Vattenfall Europe Wärme AG/ Hafencity Hamburg GmbH o.J.: Die Wärmeversorgung der Hafencity Hamburg. Online abrufbar: [https://www.hafencity.com/upload/files/files/Waermeversorgung\\_Hafencity.pdf](https://www.hafencity.com/upload/files/files/Waermeversorgung_Hafencity.pdf) (Zugriff am 03.02.2020)

Website Enercity: <https://www.enercity-contracting.de/contracting/warum-enercity-contracting/referenzen/Hafencity-Hamburg/index.html> (Zugriff am 03.02.2020)

Website Hafencity Mobilität: <https://www.hafencity.com/de/konzepte/viele-wege-zur-nachhaltigen-stadt.html> (Zugriff am 03.02.2020)

Website Hafencity\_Daten: <https://www.hafencity.com/de/ueberblick/daten-fakten-zur-hafencity-hamburg.html> (Zugriff am 03.02.2020)

Website Hafencity\_Energie: <https://www.hafencity.com/de/konzepte/saubere-waermeenergie-fuer-einen-neuen-stadtteil.html> (Zugriff am 03.02.2020)

Website Hafencity\_Umweltzeichen: <https://www.hafencity.com/de/konzepte/ein-zeichen-fuer-die-nachhaltigkeit-das-umweltzeichen-hafencity.html> (Zugriff am 03.02.2020)

## Hamburg: Jenfelder Au:

Freie und Hansestadt Hamburg 2011a: Bebauungsplan Jenfeld 23. Online abrufbar: [http://daten-hamburg.de/infrastruktur\\_bauen\\_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan/Jenfeld23.pdf](http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan/Jenfeld23.pdf) (Zugriff am 04.02.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg 2011b: Bebauungsplan Jenfeld 23. Begründung. Online abrufbar: [http://daten-hamburg.de/infrastruktur\\_bauen\\_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan\\_begr/Jenfeld23.pdf](http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan_begr/Jenfeld23.pdf) (Zugriff am 04.02.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg 2012: Die Jenfelder Au. Quartier mit Weitsicht. Handbuch für Bauherren und Architekten. Online abrufbar: <https://www.hamburg.de/contentblob/3902754/86f96389073e7285de10a752b7e706d3/data/download-pdf-handbuch-bauherren-architekten.pdf> (Zugriff am 04.02.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg o.J.: Die Jenfelder Au – Quartier mit Weitsicht. Einheit in Vielfalt. Hamburg. Online abrufbar: <https://www.hamburg.de/content-blob/3550172/fcf8cf79d7aee76dbb612dbbcc735cdb/data/download-pdf-flyer-quartier-mit-weitblick.pdf;jsessionid=F64E763B75BBF2807EE71F046B9ED733.live-Worker2> (Zugriff am 04.02.2020)

Friedrich, Uwe 2014: Energie aus Abwasser versorgt Stadtquartier. Projektinfo 09/2014. Energieforschung konkret. Online abrufbar: [http://www.bine.info/fileadmin/content/Presse/Projektinfos\\_2014/PM\\_09\\_2014/ProjektInfo\\_0914\\_internetx.pdf](http://www.bine.info/fileadmin/content/Presse/Projektinfos_2014/PM_09_2014/ProjektInfo_0914_internetx.pdf) (Zugriff am 04.02.2020)

HAMBURG WASSER 2012: Kreis. Versorgung durch Entsorgung. Kopplung von regenerativer Energiegewinnung mit innovativer Stadtentwässerung. Online abrufbar: [https://www.fona.de/medien/pdf/KREIS\\_Broschuere\\_web.pdf](https://www.fona.de/medien/pdf/KREIS_Broschuere_web.pdf) (Zugriff am 04.02.2020)

HAMBURG WASSER 2015: Hamburg Water Cycle. Jenfelder Au. Online abrufbar: [https://www.hamburgwatercycle.de/fileadmin/watercycle/downloads/Info-Flyer\\_HWC.pdf](https://www.hamburgwatercycle.de/fileadmin/watercycle/downloads/Info-Flyer_HWC.pdf) (Zugriff am 04.02.2020)

Website Getec\_Jenfelder Au: <https://www.getec-energyservices.com/Start/Über-uns/Presse/Pressearchive/index.php?NavID=3099.47&object=tx%7C3099.175.1&L=> (Zugriff am 04.02.2020)

Website Hamburg\_water\_cycle: <https://www.hamburgwatercycle.de/startseite/> (Zugriff am 04.02.2020)

Website NSP\_Jenfelder Au: [https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSP/SharedDocs/Projekte/NSPProjekte/Klimaschutz/Quartier\\_mit\\_Weitsicht\\_Hamburg.html](https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSP/SharedDocs/Projekte/NSPProjekte/Klimaschutz/Quartier_mit_Weitsicht_Hamburg.html) (Zugriff am 04.02.2020)

### Heidelberg: Bahnstadt

Amtsanzeiger der Stadt Heidelberg 2008: Der Weg für die Bahnstadt ist frei. Städtebaulicher Vertrag besiegelt – Ab 2009 kann gebaut werden. 16. Jahrgang - Ausgabe Nr. 15 - 09.04.2008. Online abrufbar: [http://www2.heidelberg.de/stadtblatt-online/index.php?artikel\\_id=3619&bf=](http://www2.heidelberg.de/stadtblatt-online/index.php?artikel_id=3619&bf=) (Zugriff am 20.01.2020)

Deutsche Stadt- und Grundstücksentwicklungsgesellschaft/ Stadt Heidelberg 2018: Qualitätsbausteine. Leitfaden für Investoren, Bauherren, Anlieger und sonstige Interessierte. Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme Heidelberg-Bahnstadt. Heidelberg. Online abrufbar: [https://www.heidelberg.de/site/HD\\_Satelliten/get/documents\\_E707293946/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2018\\_03\\_14\\_Bahnstadt\\_Leitfaden\\_Version%204.8.pdf](https://www.heidelberg.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E707293946/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2018_03_14_Bahnstadt_Leitfaden_Version%204.8.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

Stadt Heidelberg 2017a: Passivhaus Qualitätssicherung – Wohngebäude. online abrufbar: [https://www.heidelberg.de/site/HD\\_Satelliten/get/documents\\_E-311829511/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2017\\_06\\_passivhaus\\_qualitaetsssicherung\\_wohngebäude.pdf](https://www.heidelberg.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-311829511/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2017_06_passivhaus_qualitaetsssicherung_wohngebäude.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

Stadt Heidelberg 2017b: Stromsparkonzept. Bahnstadt Heidelberg. Sektor Wohnen. Online abrufbar: [https://www.heidelberg.de/site/HD\\_Satelliten/get/documents\\_E-1151455867/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2017\\_stromsparkonzept\\_heidelberg\\_sektor\\_wohnen\\_web.pdf](https://www.heidelberg.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-1151455867/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2017_stromsparkonzept_heidelberg_sektor_wohnen_web.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

Stadt Heidelberg 2019a: Die Bahnstadt. Ihr Platz am Wissenschaftsstandort Heidelberg. Heidelberg. Online abrufbar: [https://www.heidelberg.de/site/HD\\_Satelliten/get/documents\\_E-446766346/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/190927\\_Broschüre\\_Bahnstadt\\_final.pdf](https://www.heidelberg.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-446766346/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/190927_Broschüre_Bahnstadt_final.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

Stadt Heidelberg 2019b: Presseinformation der Stadt Heidelberg Bahnstadt Heidelberg. Modern, ökologisch und urban. Online abrufbar: [https://www.heidelberg.de/site/HD\\_Satelliten/get/documents\\_E339762063/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2019-08\\_Themendienst\\_Bahnstadt.pdf](https://www.heidelberg.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E339762063/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2019-08_Themendienst_Bahnstadt.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

Stadt Heidelberg 2019c: Presseinformation der Stadt Heidelberg. Die Bahnstadt – Urbaner Mix aus Wohnen und Wirtschaft, Soziales und Bildung, Freizeit und Kultur. Online abrufbar: [https://www.heidelberg.de/site/HD\\_Satelliten/get/documents\\_E-379262174/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2019\\_07\\_25\\_Bahnstadt\\_Faktenblatt.pdf](https://www.heidelberg.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-379262174/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2019_07_25_Bahnstadt_Faktenblatt.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

Stadt Heidelberg o.J.: „Heidelberger Dach(g)arten“ - Handlungsleitfaden zur extensiven Dachbegrünung in Heidelberg. Heidelberg. online abrufbar: [https://www.heidelberg.de/site/HD\\_Satelliten/get/documents\\_E591203377/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/31\\_pdf\\_handlungsleitfaden\\_zur\\_extensiven\\_dachbegrünung\\_2011\\_12\\_15.pdf](https://www.heidelberg.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E591203377/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/31_pdf_handlungsleitfaden_zur_extensiven_dachbegrünung_2011_12_15.pdf) (Zugriff am 20.01.2020)

### Heilbronn: Neckarbogen

Stadt Heilbronn 2015: GR-Drucks. Nr. 135. 20.05.2015. Betreff: Bebauungsplan 19/16 Heilbronn/Biberach/Böckingen/Frankenbach. „Neckarbogen Ost“ - Satzungsbeschluss. Online abrufbar: [https://gemeinderat.stadt-heilbronn.de/Drucksachen/2015/Gemeinderat/2506\\_2015/\\_files/Drucks\\_135.pdf](https://gemeinderat.stadt-heilbronn.de/Drucksachen/2015/Gemeinderat/2506_2015/_files/Drucks_135.pdf) (Zugriff am 04.02.2020)

Stadt Heilbronn 2016: GR-Drucks. Nr. 262. 05.09.2016. Betreff: Stadtausstellung Neckarbogen - Sachstandsbericht. Online abrufbar: <https://heilbronn-sitzungsdienst.kivbf.de/bi/getfile.asp?id=2587&type=do> (Zugriff am 04.02.2020)

Website Bundesbaublatt: [https://www.bundesbaublatt.de/artikel/bbb\\_Maximale\\_Energieeffizienz\\_und\\_hoehste\\_Hygienestandards\\_3468718.html](https://www.bundesbaublatt.de/artikel/bbb_Maximale_Energieeffizienz_und_hoehste_Hygienestandards_3468718.html)

Website DBZ: [https://www.dbz.de/news/dbz\\_Integral\\_geplant\\_und\\_umgesetzt\\_Heilbronner\\_Quartierskonzept\\_auf\\_Platz\\_eins\\_3269323.html](https://www.dbz.de/news/dbz_Integral_geplant_und_umgesetzt_Heilbronner_Quartierskonzept_auf_Platz_eins_3269323.html)

Website Enbausa: <https://www.enbausa.de/finanzierung/aktuelles/artikel/grossprojekte-dank-contracting-ermoglicht-6477.html>

Website Energate: <https://www.energate-messenger.de/news/183612/zeag-setzt-auf-smarte-quartierskonzepte>

Website Kreuz\_Partner: <https://www.kreuz-partner.de/blog/vernetzte-stadtquartiere-meilensteine-fuer-die-smart-city>

Website Oventrop: [https://www.ventrop.com/Pools/Files/hbtd/de/referenzobjekt\\_skaio\\_de\\_2019\\_08\\_web\\_ff3ffd49-d1db-4061-b74e-60ce6e60308d.pdf](https://www.ventrop.com/Pools/Files/hbtd/de/referenzobjekt_skaio_de_2019_08_web_ff3ffd49-d1db-4061-b74e-60ce6e60308d.pdf)

Website Technologieregion\_KA: [https://technologieregion-karlsruhe.de/fileadmin/user\\_upload/images/exporeal/2019\\_trk\\_bro\\_enbw.pdf](https://technologieregion-karlsruhe.de/fileadmin/user_upload/images/exporeal/2019_trk_bro_enbw.pdf) (Zugriff am 02.02.2020)

Website ZEAG: <https://www.zeag-energie.de/quartiersentwicklung/referenzen/neckarbogen-heilbronn-bundesgartenschau.html> (Zugriff am 02.02.2020)

### Landshut: Plusenergiesiedlung Ludmilla-Wohnpark

Stadt Landshut 2000: Bebauungsplan Nr. 01-59a. Nördöstlich Seligenthaler Straße. Online abrufbar: <https://stadtplan.landshut.de> (Zugriff am 20.01.2020)

Stockinger, Volker/ Jensch, Werner/ Grunewald, John 2014: +EINS Plusenergiesiedlung Ludmilla-Wohnpark Landshut. Schlussbericht. Online abrufbar: [https://w3-mediapool.hm.edu/mediapool/media/fk05/fk05\\_lokal\\_1/fk05vs/forschung\\_und\\_entwicklung/publikationen\\_dr\\_volker\\_stockinger/150708\\_Endbericht\\_Eins\\_Gesamt.pdf](https://w3-mediapool.hm.edu/mediapool/media/fk05/fk05_lokal_1/fk05vs/forschung_und_entwicklung/publikationen_dr_volker_stockinger/150708_Endbericht_Eins_Gesamt.pdf) (Zugriff am 15.10.2019)

Website\_Energiewendebauen\_Ludmilla: <https://projektinfos.energiewendebauen.de/projekt/dezentral-erzeugten-strom-im-quartier-nutzen/> (Zugriff am 20.01.2020)

## Mannheim: Franklin

Bauer, Michael/ Kotzel, Manfred/ Elsässer, Patrick 2019: Vorbildcharakter in Sachen Energie und Nachhaltigkeit. Artikel im Bundesbaublatt 09/2019. Online abrufbar: [https://www.bundesbaublatt.de/artikel/bbb\\_Vorbildcharakter\\_in\\_Sachen\\_Energie\\_und\\_Nachhaltigkeit\\_3419447.html](https://www.bundesbaublatt.de/artikel/bbb_Vorbildcharakter_in_Sachen_Energie_und_Nachhaltigkeit_3419447.html) (Zugriff am 04.02.2020)

MVV 2019: TAB-Heizwasser. Technische Anschlussbedingungen für Niedertemperaturnetze. Mannheim. Online abrufbar: [https://www.mvv-netze.de/medien/dokumente/bauen/technische-regelwerke/fernwaerme/tab\\_heizwasser\\_bfv\\_11.pdf](https://www.mvv-netze.de/medien/dokumente/bauen/technische-regelwerke/fernwaerme/tab_heizwasser_bfv_11.pdf) (Zugriff am 04.02.2020)

Schumacher, Bernhard 2018: Smarte Quartierslösungen für Energie und Mobilität. Präsentation im Rahmen der Regionalkonferenz Energie und Umwelt im November 2018. Online abrufbar: [https://www.m-r-n.com/neuigkeiten/2018/18-11-14-Rueckblick%208.%20Regionalkonferenz%20Energie%20-%20Umwelt/04\\_01\\_Schumacher\\_MVV\\_Smarte%20Quartiersloesungen.pdf](https://www.m-r-n.com/neuigkeiten/2018/18-11-14-Rueckblick%208.%20Regionalkonferenz%20Energie%20-%20Umwelt/04_01_Schumacher_MVV_Smarte%20Quartiersloesungen.pdf) (Zugriff am 04.02.2020)

Stadt Mannheim (Hg.) 2014: Rahmenplan Benjamin Franklin Village. Mannheim

Stadt Mannheim 2016a: Vorlage Nr. V170/2016: Energetischer Masterplan blue village FRANKLIN. Umsetzung der integrierten und energieeffizienten Quartiersentwicklung.

Stadt Mannheim 2016b: Beschlussvorlage Nr. V008/2016. Bebauungsplan Nr. 71.47 „Franklin Mitte“ in Mannheim-Käfertal und Satzung über örtliche Bauvorschriften nach § 74 LBO in dessen Geltungsbereich. Online abrufbar: <https://buergerinfo.mannheim.de/buergerinfo/getfile.asp?id=8066226&type=do> (Zugriff am 04.02.2020)

Stadt Mannheim 2016c: Informationsvorlage Nr. V655/2016. Energie – Grundlagen für FRANKLIN. 22.11.2016. Online abrufbar: <https://buergerinfo.mannheim.de/buergerinfo/getfile.asp?id=8075060&type=do> (Zugriff am 04.02.2020)

Stadt Mannheim 2019: Bebauungsplan Nr. 71.51 „Sullivan“. B Bauplanungsrechtliche Festsetzungen. Online abrufbar: [https://www.gis-mannheim.de/plaene\\_docs/Dokumente/B\\_71\\_51/BP\\_71\\_51\\_Festsetzungen.pdf](https://www.gis-mannheim.de/plaene_docs/Dokumente/B_71_51/BP_71_51_Festsetzungen.pdf) (Zugriff am 04.02.2020)

Thomann, Robert 2017a: C/sells goes Franklin. Sektorkopplung am Beispiel einer modernen Quartiersentwicklung. Online abrufbar: [https://www.m-r-n.com/neuigkeiten/2017/20171019-Regionalkonferenz%20Energie%20-%20Umwelt/F3\\_Thomann\\_csells%20goes%20Franklin.pdf](https://www.m-r-n.com/neuigkeiten/2017/20171019-Regionalkonferenz%20Energie%20-%20Umwelt/F3_Thomann_csells%20goes%20Franklin.pdf) (Zugriff am 04.02.2020)

Thomann, Robert 2017b: Franklin – Smarte Infrastruktur in Mannheims neuem Stadtteil. Präsentation am 11.12.2017 in Stuttgart. Online abrufbar: [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Veranstaltungen/Präsentationen/2017/171211\\_Smart-Grids-Kongress/05\\_Thomann.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Veranstaltungen/Präsentationen/2017/171211_Smart-Grids-Kongress/05_Thomann.pdf) (Zugriff am 05.02.2020)

Website Ausschreibungen: [https://ausschreibungen-deutschland.de/343001\\_Vergabe\\_der\\_General\\_Construction\\_Management-Leistungen\\_Projektmanagement\\_und\\_2017\\_Mannheim](https://ausschreibungen-deutschland.de/343001_Vergabe_der_General_Construction_Management-Leistungen_Projektmanagement_und_2017_Mannheim) (Zugriff am 04.02.2020)

Website Bürgerinfo Mannheim: (aktueller Stand zum Bebauungsplan) [https://buergerinfo.mannheim.de/buergerinfo/vo0050.asp?\\_\\_kvonr=212975](https://buergerinfo.mannheim.de/buergerinfo/vo0050.asp?__kvonr=212975) (Zugriff am 04.02.2020)

Website Euid: <https://www.euwid-energie.de/mvv-smart-grid-integration-in-praktischer-erprobung/> (Zugriff am 04.02.2020)

Website Franklin \_Evohaus: <https://franklin-mannheim.de/evohaus> (Zugriff am 04.02.2020)

Website Franklin Mobil: <https://www.franklin-mobil.de> (Zugriff am 04.02.2020)

Website Kommunalinfo MH: <https://kommunalinfo-mannheim.de/2019/07/11/energiekonzepte-franklin-und-spinelli-tauglich-fuer-2050/> (Zugriff am 04.02.2020)

Website Stadt MA\_Square: <https://www.mannheim.de/de/wirtschaft-entwickeln/cluster-netzwerke/cluster-energie-mobilitaetlogistik-und-produktion/blue-city-mannheim/bluevillagefranklin> (04.02.2020)

## Münster: Klimaschutzsiedlung Diekmannstraße

Website Energieagentur\_NRW: [https://www.energieagentur.nrw/gebäude/klimaschutzsiedlungen/klimaschutzsiedlung\\_muenster\\_dieckmannstrasse](https://www.energieagentur.nrw/gebäude/klimaschutzsiedlungen/klimaschutzsiedlung_muenster_dieckmannstrasse) (Zugriff am 20.01.2020)

Website Heinze: <https://www.heinze.de/architekturobjekt/das-solarhaus/12552421/> (Zugriff am 20.01.2020)

## Stuttgart: NeckarPark

Landeshauptstadt Stuttgart 2013: Drucksache 636/2013. Wärmeversorgung Neckarpark - Durchführung des Forschungsprojekts. Online abrufbar: [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/2ECAFDF8E0818714C1257C91004D10BC/\\$File/Vorlage6362013.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/2ECAFDF8E0818714C1257C91004D10BC/$File/Vorlage6362013.pdf?OpenElement) (Zugriff am 02.02.2020)

Landeshauptstadt Stuttgart 2014: Drucksache 65/2014. Wärmeversorgung Neckarpark Weiterplanung bis zur Haushaltsreife. Online abrufbar: [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/9F6E9B4FEC83B743C1257E0C0036FC0D/\\$File/Vorlage7652014.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/9F6E9B4FEC83B743C1257E0C0036FC0D/$File/Vorlage7652014.pdf?OpenElement) (Zugriff am 02.02.2020)

Landeshauptstadt Stuttgart 2016a: Anlage 4 zu Drucksache 115/2016. TEXT (Ca 283/1) A. Planungsrechtliche Festsetzungen (BauGB, BauNVO) zu Bebauungsplan mit Satzung über örtliche Bauvorschriften Reichenbachstraße (Ca 283/1) . TEXT (Ca 283/1) . S. 6. Online abrufbar: [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/1B168732B595DEDEC1257FE200317938/\\$File/Anlage4\\_Ca283-1\\_Text\\_04-05-2016.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/1B168732B595DEDEC1257FE200317938/$File/Anlage4_Ca283-1_Text_04-05-2016.pdf?OpenElement) (Zugriff am 20.01.2020)

Landeshauptstadt Stuttgart 2016b: Anlage 2 zu Drucksache 115/2016. Bebauungsplan mit Satzung über örtliche Bauvorschriften Reichenbachstraße Bad Cannstatt (Ca 283/1). Begründung mit Umweltbericht. S. 22. Online abrufbar: [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/1B168732B595DEDEC1257FE200317938/\\$File/Anlage2\\_Begründung+Umweltbericht\\_13-06-2016.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/1B168732B595DEDEC1257FE200317938/$File/Anlage2_Begründung+Umweltbericht_13-06-2016.pdf?OpenElement) (Zugriff am 20.01.2020)

Landeshauptstadt Stuttgart 2016c: Drucksache 75/2016. Wärmeversorgung Neckarpark – Projektbeschluss. Online abrufbar: [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/F7D955CFAF86D8E0C1257FEA0031790C/\\$File/75\\_2016.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/F7D955CFAF86D8E0C1257FEA0031790C/$File/75_2016.pdf?OpenElement) (Zugriff am 02.02.2020)

Landeshauptstadt Stuttgart 2017: Drucksache 93/2017. Wärmeversorgung Neckarpark - Bau- und Vergabebeschluss Abwasserwärmetauscher - Vergabe weiterer Ingenieurleistungen. Online abrufbar: [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/F25C033523755073C12580F00031A869/\\$File/2C123AAD-27655578C12580BA0036F837.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/F25C033523755073C12580F00031A869/$File/2C123AAD-27655578C12580BA0036F837.pdf?OpenElement) (Zugriff am 02.02.2020)

Landeshauptstadt Stuttgart 2018a: Anlage 2 zu Drucksache 797/2018. Bebauungsplan mit Satzung über örtliche Bauvorschriften. Am Zollamt (Ca 283/5) im Stadtbezirk Stuttgart-Bad Cannstatt. Begründung mit Umweltbericht. Auslegungsbeschluss. Online abrufbar: [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/683AA2DEC76A4380C12583D8003C8F92/\\$File/Anlage2\\_Begründung\\_mit\\_Umweltbericht.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/683AA2DEC76A4380C12583D8003C8F92/$File/Anlage2_Begründung_mit_Umweltbericht.pdf?OpenElement) (Zugriff am 02.02.2020)

Landeshauptstadt Stuttgart 2018b: Anlage 4 zu Drucksache 797/2018. Bebauungsplan mit Satzung über örtliche Bauvorschriften. Am Zollamt (Ca 283/5) im Stadtbezirk Stuttgart-Bad Cannstatt. Planungsrechtliche Festsetzungen. Auslegungsbeschluss. Online abrufbar: [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/683AA2DEC76A4380C12583D8003C8F92/\\$File/Anlage4\\_Text.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/683AA2DEC76A4380C12583D8003C8F92/$File/Anlage4_Text.pdf?OpenElement) (Zugriff am 02.02.2020)

Website EDS: <https://www.energiesdienste-stuttgart.de/neckarpark/> (Zugriff am 02.02.2020)

Website Energiewendebauen\_Neckarpark: <https://projektinfos.energiewendebauen.de/projekt/neckarpark-stuttgart-gewinnt-nahwaerme-und-kaelte-aus-dem-abwasserkanal/> (Zugriff am 20.01.2020)

Website\_Bine\_Neckarpark: <http://www.bine.info/publikationen/news/neckarpark-stuttgart-waerme-aus-abwasser/> (Zugriff am 20.01.2020)



## Stuttgart: Olgaareal

Energiedienste der Landeshauptstadt Stuttgart 2017: Technische Anschlussbedingungen (TAB) der Energiedienste der Landeshauptstadt Stuttgart GmbH für den Anschluss an Wärmeversorgungsnetze per Zweileiter-Hausanschlussvariante. Stand 16.06.2017. Zugriff auf [https://www.energiesdienste-stuttgart.de/media/filer\\_public/bd/c3/bdc34963-6cb8-4c49-873f-1b7dd246368d/energiesdienste\\_der\\_lhs\\_stuttgart\\_technische\\_anschlussbedingungen\\_olga-areal.pdf](https://www.energiesdienste-stuttgart.de/media/filer_public/bd/c3/bdc34963-6cb8-4c49-873f-1b7dd246368d/energiesdienste_der_lhs_stuttgart_technische_anschlussbedingungen_olga-areal.pdf) am 20.01.2020

Energiedienste der Landeshauptstadt Stuttgart 2020: Öffentliche Bekanntgabe der aktuellen Wärmepreise für das Versorgungsgebiet: „Nahwärmeversorgung – Olga-Areal“ gültig ab 01.04. 2020. Zugriff auf [https://www.energiesdienste-stuttgart.de/media/filer\\_public/cb/d2/cbd272b7-e038-43d3-8629-1e343bd221fc/200401-stadtwerke\\_stuttgart\\_warmetarife\\_olga-areal\\_webseite.pdf](https://www.energiesdienste-stuttgart.de/media/filer_public/cb/d2/cbd272b7-e038-43d3-8629-1e343bd221fc/200401-stadtwerke_stuttgart_warmetarife_olga-areal_webseite.pdf) am 20.01.2020

Kunert, Michael/ Fricke, Axel 2017: Olga-Areal. Stuttgarter-West. In: Simon-Philipp, Christina: WohnOrte2. 90 Wohnquartiere in Stuttgarter von 1890 bis 2017. Entwicklungen und Perspektiven. S. 338-341.

Landeshauptstadt Stuttgart 2014a: Anlage 2 zu GRDRs 505/2014. Informationsmemorandum. Zur Vergabe von städtischen Baugrundstücken an Baugemeinschaften. Olga-Areal in Stuttgart – West. Zugriff auf [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/10F158CEA602C583C1257D10005D78FF/\\$File/Anlage%202\\_BAUFELD%202\\_Baugruppen.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/10F158CEA602C583C1257D10005D78FF/$File/Anlage%202_BAUFELD%202_Baugruppen.pdf?OpenElement) am 20.01.2020

Landeshauptstadt Stuttgart 2014b: Anlage 4 zu GRDRs 505/2014. Informationsmemorandum. Zur Vergabe von städtischen Baugrundstücken an Baugemeinschaften. Olga-Areal in Stuttgart – West. Zugriff auf [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/10F158CEA602C583C1257D10005D78FF/\\$File/Anlage%204\\_BAUFELD%203\\_Investor.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/10F158CEA602C583C1257D10005D78FF/$File/Anlage%204_BAUFELD%203_Investor.pdf?OpenElement) am 20.01.2020

Landeshauptstadt Stuttgart 2014c: Anlage 6b zu GRDRs 505/2014. A: Planungsrechtliche Festsetzungen nach BauGB und BauNVO. Zugriff auf [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/10F158CEA602C583C1257D10005D78FF/\\$File/Anlage%206b%20Textteil%20BP%20Stgt%20258.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/10F158CEA602C583C1257D10005D78FF/$File/Anlage%206b%20Textteil%20BP%20Stgt%20258.pdf?OpenElement) am 20.01.2020

Landeshauptstadt Stuttgart 2014d: Anlage 8 zu GRDRs 505/2014. Dachgestaltung Olgäle-Quartier gemäß Bebauungsplan. Zugriff auf [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/10F158CEA602C583C1257D10005D78FF/\\$File/Anlage%208%20Dachgestaltung%20Olg%C3%A4le-Quartier.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/10F158CEA602C583C1257D10005D78FF/$File/Anlage%208%20Dachgestaltung%20Olg%C3%A4le-Quartier.pdf?OpenElement) am 20.01.2020

Landeshauptstadt Stuttgart 2014e: GRDRs 505/2014. Vermarktung des Olgahospital-Areals in Stuttgart-West. Stuttgart. Zugriff auf [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/10F158CEA602C583C1257D10005D78FF/\\$File/Vorlage5052014.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/10F158CEA602C583C1257D10005D78FF/$File/Vorlage5052014.pdf?OpenElement) am 20.01.2020

Landeshauptstadt Stuttgart 2015: Urbanisierung der Energiewende in Stuttgart. Fassung vom 17. November 2015. Stuttgart. Zugriff auf [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/F073F753CF10D29DC1257F0700631CD9/\\$File/Energiekonzept%20Urbanisierung%20der%20Energiewende%20in%20Stuttgart.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/KSDRedSystem.nsf/0/F073F753CF10D29DC1257F0700631CD9/$File/Energiekonzept%20Urbanisierung%20der%20Energiewende%20in%20Stuttgart.pdf?OpenElement) am 20.01.2020

Landeshauptstadt Stuttgart 2016: GRDRs 207/2016. Bebauungsplan mit Satzung über örtliche Bauvorschriften Schloß-(ehem. Bismarck-)/Hasenberg-/Breitscheid-/Senefelderstraße, Stuttgart-West (Stgt 258). Satzungsbeschluss gem. § 10 BauGB und § 74 LBO ohne Anregungen gem. § 3 (2) BauGB. Zugriff auf [https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/1133DE392A59E4A6C1257FB7005DA66B/\\$File/207\\_2016.pdf?OpenElement](https://www.domino1.stuttgart.de/web/ksd/ksdRedSystem.nsf/0/1133DE392A59E4A6C1257FB7005DA66B/$File/207_2016.pdf?OpenElement) am 20.01.2020

Website energate messenger: <https://www.energate-messenger.de/news/176342/nahwaerme-fuer-stuttgarter-quartier> (Zugriff am 20.01.2020)

Website Energiedienste Stuttgart: <https://www.energiesdienste-stuttgart.de/olga-areal/> (Zugriff am 20.01.2020)

Website enisyst: <https://www.enisyst.de/referenzen/olga-areal/> (Zugriff am 20.01.2020)

Website Landeshauptstadt Stuttgart: <https://www.stuttgart.de/item/show/273273/1/9/634353?> (Zugriff am 20.01.2020)

Website Stadtwerke Stuttgart :<https://www.stadtwerke-stuttgart.de/partner-der-energiewende/energiewende-stuttgart/> (Zugriff am 20.01.2020)

## Tübingen: Alte Weberei

Universitätsstadt Tübingen 2010: Vorlage 105/2010. Betreff: Niedrigenergiebauweise beim Verkauf von städtischen Baugrundstücken. (online abrufbar: [https://www.tuebingen.de/gemeinderat/vo0050.php?\\_\\_kvonr=3788](https://www.tuebingen.de/gemeinderat/vo0050.php?__kvonr=3788), Zugriff am 30.08.2019)

Universitätsstadt Tübingen 2016: Begründung zum Bebauungsplan „Alte Weberei“ in Tübingen-Lustnau vom 30.12.2016. Anlage 4 zu Vorlage 25/2017

Universitätsstadt Tübingen 2017: Bebauungsplan „Alte Weberei“, Plannummer 501, in Kraft getreten am 11.02.2017. Online abrufbar: <https://www.tuebingen.de/blpdoc/Bebauungsplaene/501.zip> (Zugriff am 30.08.2019)

Website Wamsler Architekten: [https://www.wamsler-architekten.de/index.php?we\\_objectID=39](https://www.wamsler-architekten.de/index.php?we_objectID=39) (Zugriff am 30.08.2019)

WIT Wirtschaftsförderung Tübingen o.J.a: Die Alte Weberei Lustnau. Infoblatt4 Energiekonzept.

WIT Wirtschaftsförderung Tübingen o.J.b: Die Alte Weberei Lustnau. Infoblatt 2. Der Weg ins neue Viertel.

WIT Wirtschaftsförderung Tübingen o.J.c: Die Alte Weberei Lustnau. Infoblatt 3. Die wichtigsten Regelungen zum Bauen in der Alten Weberei.

**Karin Hopfner**

B.Sc.Arch, M.Eng., 2002-09 Studium der Architektur und Stadtplanung, 2009-13 akademische Mitarbeiterin an der HFT Stuttgart, 2013-17 Mitarbeiterin bei der Stadtverwaltung Tübingen, 2017-2020 akademische Mitarbeiterin an der HFT Stuttgart, derzeit Promotion

**Christina Simon-Philipp**

Prof. Dr.-Ing., Architektin und Stadtplanerin, Professorin an der Hochschule für Technik Stuttgart, Leiterin Zentrum für Nachhaltige Stadtentwicklung, Forschungsschwerpunkte: Stadterneuerung und Quartiersentwicklung, Wohnungsbau, öffentlicher Raum



Die Publikation ist aus der Forschungs- und Innovationspartnerschaft „Intelligente Stadt (i\_city)“ hervorgegangen, an der die Verfasserinnen zwischen 2017 und 2019 beteiligt waren. Bei der vertieften Beschäftigung mit der Frage, warum ambitionierte Maßnahmen zum Schutz des Klimas bei der Entwicklung neuer Stadtquartiere so selten umgesetzt werden, zeigte sich, dass Städte häufig ihre Möglichkeiten nicht ausschöpfen. Stadtverwaltungen kommt dabei eine zentrale Rolle zu.

Ziel der Veröffentlichung ist es, Handlungsoptionen für Städte systematisch aufzuzeigen. Sie richtet sich vor allem an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Bauverwaltungen und kommunale Entscheidungsträger. Sie sollen sich bei der Planung von Baugebieten ihrer Einflussmöglichkeiten bewusst werden und die Chancen für die Umsetzung von klimaschützenden Maßnahmen nutzen. Wegen der großen Bedeutung für den Klimaschutz liegt ein Schwerpunkt auf der Frage, wie eine möglichst CO<sub>2</sub>-arme Energieversorgung konzipiert und umgesetzt werden kann.

Das Buch bietet Nicht-Energieexpertinnen und Experten (v.a. Stadtplanerinnen und Stadtplanern) einen prägnanten Überblick rund um das Thema Energieversorgung in neuen Baugebieten. Mit Blick auf die komplexen Herausforderungen der Stadtentwicklung wird auch die Frage beleuchtet, wie das Schwerpunktthema Energie eng mit den Themen Soziales, Kosten/ Bezahlbarkeit, Mobilität und Baukultur/ Gestaltungsqualität verknüpft werden kann. Neben der formellen Planung geht es vor allem um informelle Instrumente und die Zeitplanung. Statt einer abzuarbeitenden Checkliste wird ein Spektrum an Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt, die Städten für die Entwicklung klimaschonender Baugebiete zur Verfügung stehen.

