

Quartiersebene als Infrastrukturverbund – Klimaschutzpotenziale und Synergien mit dem Umweltschutz

Robert Riechel
(Deutsches Institut für Urbanistik)

Berlin, 14.5.2020

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
1 Einführung.....	4
2 Klimaschutz im Gebäudebereich: Ausgangslage	7
3 Das Quartier als Handlungsebene für städtischen Klima- und Umweltschutz	17
3.1 Energetische Stadterneuerung	19
3.2 Zum Quartiersbezug weiterer infrastruktureller Handlungsfelder im Kontext von Klima- und Umweltschutz	24
3.2.1 Mobilität	25
3.2.2 Wasser.....	26
3.2.3 Stoffstrom- und Abfallmanagement.....	27
3.2.4 Informations- und Kommunikationstechnologien	29
4 Synthese - das Quartier als Infrastrukturverbund	31
4.1 Herausforderungen bei der Kopplung von Infrastrukturen auf Quartiersebene in Bezug auf Klima- und Umweltschutz	33
4.2 Quartierstypen und ihre spezifischen Potenziale	36
4.3 Maßnahmen zur verbesserten Nutzung der Synergien auf Quartiersebene	37
Literatur	42

Zusammenfassung

Die Ebene des Stadtquartiers (mit ganz unterschiedlichen räumlichen Zuschnitten) gewinnt zunehmend als Handlungsebene der Infrastrukturentwicklung an Bedeutung und weist große Potenziale für den städtischen Klima- und Umweltschutz auf. Die Quartiers-ebene ermöglicht im Vergleich zum Einzelgebäude höhere Synergieeffekte, ist aber weniger komplex als die gesamtstädtische Ebene.

Ausgehend von der energetischen Stadtsanierung (Senkung des Wärmebedarfs und Umstellung auf erneuerbare Energien in der Wärmeversorgung) werden die Vorteile der Quartiersebene gegenüber der Betrachtung einzelner Gebäude herausgearbeitet. Dazu werden bestehende Studien und Instrumente zum Klimaschutz im Gebäudebereich kritisch reflektiert. Auf dieser Grundlage werden für die Handlungsebene Quartier potenzielle Schnittmengen und Synergien mit anderen Infrastrukturbereichen (Mobilität, (Ab)Wasser, Abfall, Freiraum) identifiziert und mit Pilotprojekten illustriert. In der Synthese werden technische und organisatorische Bedingungen für einen Infrastrukturverbund auf Quartiersebene entwickelt. Abschließend werden Handlungsempfehlungen für die Bundespolitik zur Unterstützung der Synergien und Potenziale im Quartier abgeleitet.

Das Gutachten wurde im Auftrag des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU) erstellt. Es ist in dessen Hauptgutachten eingegangen, das im Mai 2020 veröffentlicht wurde. Der Rolle von Stadtquartieren für eine nachhaltige Stadtentwicklung ist darin ein eigenes Kapitel gewidmet.

1 Einführung

Die Bedeutung der Städte für Klima- und Umweltschutz ist kaum zu unterschätzen. Dies spiegelt sich sowohl in politischen wie auch in wissenschaftlichen Debatten zur Gestaltung gesellschaftlicher Transformationen hin zu nachhaltiger Entwicklung wider¹. Seit 2017 lebt mehr als die Hälfte der Erdbevölkerung in Städten, im Jahr 2050 werden es voraussichtlich 70 % sein. In Deutschland und Europa leben bereits heute ca. drei Viertel der Bevölkerung in städtischen Gebieten (UBA 2018). Weltweit tragen Städte nicht nur etwa 70 % der Wirtschaftskraft bei, sie verbrauchen auch 70 % der Energie, stoßen 75 % des CO₂ aus und erzeugen 75 % des anfallenden Abfalls (Beckmann 2014). Städte sind damit Verursacher und Betroffene von Umweltbelastungen zugleich. Gerade die absolute Zahl der in Städten lebenden Menschen kommt dabei zum Tragen und macht städtischen Klima- und Umweltschutz zu einem hochaktuellen Thema.



Erklärtes Ziel der Bundesregierung ist es, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 % bis 95 % gegenüber 1990 zu senken. Um den Ansprüchen des im Dezember 2015 in Paris beschlossenen und 2016 ratifizierten Weltklimavertrages zu genügen und den Temperaturanstieg tatsächlich auf maximal 1,5°C zu beschränken, wird eher die Ober- denn die Untergrenze des Korridors Maßstab des zu Erreichenden sein müssen. Diese Referenz gilt auch für die kommunale Ebene. Für eine Einsparung von CO₂-Äquivalenten in dieser Größenordnung ist die umfassende Transformation städtischer Energiesysteme einschließlich der energetischen Modernisierung der Gebäudesubstanz unumgänglich (Riechel et al. 2016). Für die Kommunen stellt sich daher die Frage, wie die weitestgehend gebaute Stadt und ihre technischen Infrastrukturen der Energieversorgung (Strom, Wärme, Gas) umgebaut werden können (Libbe 2014).

Zunehmend wird das Thema Energiewende daher auch bezogen auf den spezifischen urbanen Kontext diskutiert (Hirschl 2018). Um die Ziele erreichen zu können, müssen auch im städtischen Raum alle sich bietenden Potenziale genutzt werden. Dazu können je nach lokalen Gegebenheiten neben der energetischen Gebäudemodernisierung beispielsweise urbane Solar-, Biomasse-, Umwelt- und Abwärmepotenziale gehören. Als Spezifikum einer urbanen Energiewende kommen als limitierender Faktor insbesondere in wachsenden Städten begrenzte Flächenpotenziale hinzu. In jedem Fall dürfen sich Städte nicht allein auf ihr Umland als „Energielieferant“ verlassen, auch wenn stadtreionale Kooperationen zum Management vorhandener erneuerbarer Energieträger (z. B. Biomasse, biogene Abfälle) zweifellos ein wichtiger Aspekt urbaner Energiewendestrategien sind.

Im Sinne des Verursacherprinzips müssen Städte auch einen substantiellen eigenen Beitrag leisten. Erforderlich sind spezifisch auf Städte zugeschnittene Lösungen (ebd.). Dazu gehört die Aktivierung eigener Effizienz- und Erzeugungspotenziale, aber auch die Erschließung von Synergien, die sich aus der Betrachtung von Schnittstellen und Wechselwirkungen zwischen Infrastrukturen ergeben.

¹ Z. B. die in 2015 verabschiedete Agenda 2030, wobei das Nachhaltigkeitsziel Nr. 11 explizit die Städte adressiert („Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig machen“) oder das Gutachten des WBGU „Transformative Kraft der Städte“.

Für Städte ist die Wärmewende eine der zentralen Herausforderungen (Hamburg Institut 2015, Libbe/Riechel 2017). Sie muss im Wesentlichen im Bestand erfolgen. Denn ungeachtet der aktuellen Neubauvorhaben gerade in wachsenden Städten, steht die weit überwiegende Mehrheit der Gebäude, die es im Jahr 2050 geben wird, schon heute. Die bisherigen Anstrengungen im Wärmebereich reichen für die Erreichung der Klimaschutzziele bei weitem nicht aus. Die Sanierungsrate pendelt seit ca. 2010 um die 1 % (Kahlenborn et al. 2019:186ff.) und ist damit deutlich zu niedrig. Gleiches trifft auf die Sanierungstiefe zu. Auch der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung verharrt seit Jahren auf niedrigem Niveau (BMWi 2019a: 59f., Weiß et al 2018a:167f., Kunz/Wenzel 2016:4). Erneuerbarer Strom wird eine bedeutende Rolle für die Wärmeversorgung spielen, reicht als alleiniges Standbein für die zukünftige Wärmeversorgung aber bei Weitem nicht aus. Vielmehr gilt es in Städten, die Vielfalt energetischer Potenziale verschiedener Energieträger und weitestgehend vor Ort erzeugte bzw. anfallende Energie intelligent zu kombinieren und dabei auch die bereits bestehenden Infrastrukturen zu berücksichtigen.

Auch der Verkehrssektor ist ein wichtiger Schlüssel zur Erreichung städtischer Klimaschutzziele. Er ist seinen Beitrag dazu bislang schuldig geblieben (Bauer 2019). Die CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich stagnieren, der Endenergieverbrauch steigt sogar an (DST 2018:15). Pkw und Lkw dominieren immer noch den Personen- und Güterverkehr. Eine städtische Mobilitätswende ist dringend erforderlich. Städte haben im Vergleich zu anderen Siedlungsformen verhältnismäßig günstige Voraussetzungen für die Mobilitätswende, weil kompakte Siedlungsstrukturen Wege für die tägliche Mobilität verkürzen (UBA 2017). Doch auch wenn fast die Hälfte der in Städten zurückgelegten Wege kürzer als drei Kilometer sind, werden 40 % davon mit dem Auto zurückgelegt (DST 2018). Die umfänglichen, durch den Umstieg auf den Umweltverbund erschließbaren Energieeinsparpotenziale im Verkehrsbereich liegen somit brach.

Doch städtische Umweltziele und entsprechende dringliche Handlungsbedarfe beziehen sich nicht nur auf Klimaschutz und Energiewende. Auch ein sparsamer Umgang mit Flächen, Ressourcenschonung und die Schließung von Stoffkreisläufen sowie die Anpassung an die zunehmende Zahl von Klimawandel bedingten Extremereignissen wie Starkregen und Hitzeperioden stehen auf der städtischen Agenda (UBA 2018). Vor dem Hintergrund der ambitionierten Zielstellungen in den Infrastruktursektoren in Richtung weitgehende Dekarbonisierung und Ressourceneffizienz sowie dem Bedeutungsgewinn von Informations- und Kommunikationstechnologien für urbane Räume gewinnt die Koordinierung zwischen Stadt- und Infrastrukturplanung noch einmal an Bedeutung.

Seit einigen Jahren ist in den kommunalen Handlungsfeldern Energie, Klima und Umweltschutz ein erheblicher Bedeutungsgewinn des Quartiers zu verzeichnen (Riechel 2016, Dunkelberg et al. 2019). Die Quartiersebene wird von vielen Seiten als die geeignete Ebene zur Umsetzung der urbanen Energiewende angesehen (BMUB 2016: 24, Pehnt/Nast 2016, Stolte/Drinkuth 2019). Beispielhaft dafür stehen die Förderung energetischer Quartierskonzepte durch die KfW, aber auch Förderprogramme von Bundesländern (z. B. NRW) oder Stiftungen (z. B. Montag Stiftung). Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat die Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere (Res:Z)“ aufgelegt und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) fördert Reallabore der Energiewende auf Quartiersebene. Auch in politischen Strategiedokumenten (z. B. Stolte/Drinkuth 2019) und kommunalen Handlungsprogrammen (z. B. Berliner Energie-

und Klimaschutzkonzept, Hirschl et al. 2015) ertönt immer wieder der Ruf nach Quartierslösungen. Das Quartier ist geradezu zum „Hoffnungsträger“ (Dunkelberg et al. 2019) der städtischen Energiewende geworden.

Städtische Umwelt- und Energiepolitik greift damit zunehmend einen gebietsbezogenen Ansatz auf, der in Stadtentwicklung und Stadterneuerung schon etabliert ist. Das Quartier ist insbesondere dort als Handlungsebene prädestiniert, „wo Menschen vor Ort als Träger und als Strukturschaffende einer wirklich nachhaltigen Entwicklung“ (Neußer 2017:6) erreicht werden müssen. Insofern ist das Quartier im städtischen Kontext der geeignete Ort, wo der Anspruch der Energiewende als „Gemeinschaftsaufgabe“ (BBSR 2017:92) unter Mitwirkung einer Vielzahl von Akteuren und auch der Bürgerinnen und Bürger Realität werden kann.

Ziel dieser Untersuchung ist es, sich der Frage zu nähern, ob und wie das Quartier als Infrastrukturverbund einen Beitrag zur Erreichung städtischer Klimaschutz- und Umweltziele leisten kann. Insbesondere die Wechselwirkungen und Synergiepotenziale zwischen verschiedenen Infrastruktursystemen auf Quartiersebene sollen im Mittelpunkt stehen. Für dieses explorative Vorgehen sind zwei Fragen leitend:

- Welche Vorteile bietet das Quartier gegenüber einer Betrachtung von Einzelgebäuden? Der Fokus liegt hierbei auf der energetischen Stadtsanierung.
- Inwiefern ist das Quartier auch für andere Handlungsfelder eine relevante Handlungsebene?

In einem ersten Schritt wird in das Themenfeld der Energiewende im Gebäudebereich eingeführt und zunächst die Einzelgebäudeebene fokussiert, wobei auch Bezüge zur europäischen Gesetzgebung für den Gebäudebereich hergestellt werden. Insbesondere die Grenzen einer rein gebäudebezogenen Herangehensweise werden dabei herausgearbeitet. Daran schließt sich eine Auseinandersetzung mit den Potenzialen der Quartiersebene an. Den Einstieg bildet das Themenfeld der energetischen Stadtsanierung. Daraufhin werden die städtischen Infrastruktursysteme der Handlungsfelder Mobilität, Wasser, Stoffstrom- und Abfallmanagement sowie Informations- und Kommunikationstechnologien in den Blick genommen, ihre Bezüge zur Quartiersebene analysiert und mit Praxisbeispielen unterlegt. Dabei kommen auch die Wechselwirkungen und Schnittstellen zu den anderen Infrastruktursystemen zur Sprache. Im Synthesekapitel wird das Quartier als gemeinsame Schnittstelle der genannten infrastrukturellen Handlungsfelder gewürdigt und die Potenziale eines solchen Infrastrukturverbunds skizziert. Im Anschluss werden aber auch die spezifischen Herausforderungen eines solchen Ansatzes kritisch reflektiert. Empfehlungen an Bund und Länder zur Stärkung der Quartiersebene und der dortigen infrastrukturellen Verknüpfungen runden das Papier ab.

2 Klimaschutz im Gebäudebereich: Ausgangslage

Der Gebäudebereich hat einen Anteil von 34,5 % am Endenergieverbrauch² und ist für knapp ein Drittel der Treibhausgasemissionen in Deutschland verantwortlich (BMWi 2019a:105, Heinrich et al. 2019:1). Der Großteil dessen entfällt auf die Raumwärme. Hinzu kommen kleinere Anteile für Warmwasser, Raumkühlung und Beleuchtung (bei Nicht-Wohngebäuden). Berücksichtigt werden neben den Wohngebäuden auch Gebäude aus den Sektoren Industrie sowie Gewerbe und Dienstleistungen.

Anteil des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs am gesamten Endenergieverbrauch im Jahr 2016

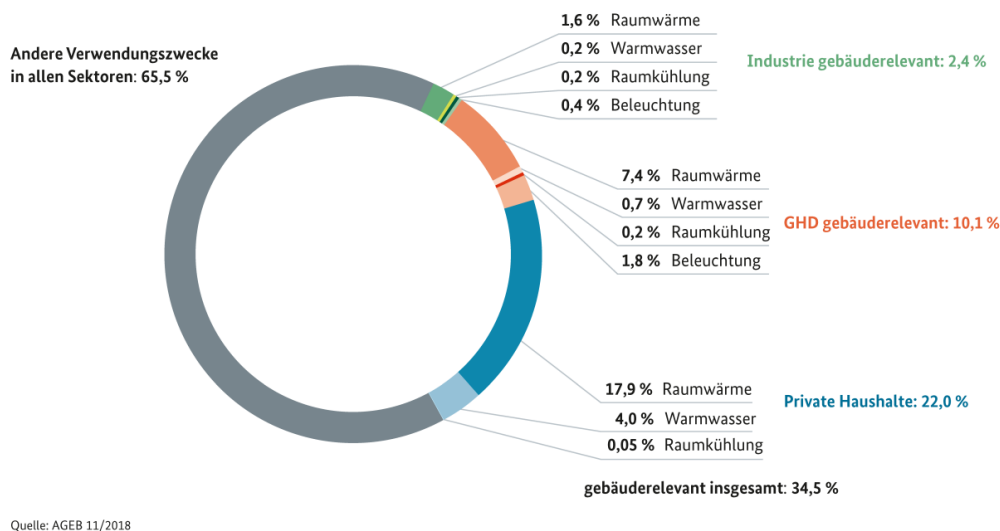


Abb. 1: Anteil des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs am Gesamtenergieverbrauch in Deutschland, Quelle BMWi 2019a

Der Gebäudesektor weist einige Besonderheiten auf, die die Transformation des Energiesystems maßgeblich beeinflussen. Gebäude haben eine jahrzehntelange Nutzungsdauer und heute getätigte Investitionen in Fassadenteile oder Haustechnik werden für lange Zeit Bestand haben. Sanierungszyklen von mehr als 20 Jahren sind die Regel (BMUB 2016:44). Zudem sind gerade bei Wohngebäuden hochgradig differenzierte Eigentums- und Nutzungsstrukturen zu verzeichnen. In Deutschland gibt es gut 19 Mio Wohngebäude mit etwa 42 Mio Wohnungen (Statistisches Bundesamt 2018). Mehr als 75 % der Wohngebäude sind älter als 30 Jahre (BMWi 2015b, Landesamt für Statistik Niedersachsen 2014). Etwa 40 % der Wohnungen werden selbst genutzt, 37 % des Wohnungsbestands liegt in der Hand privater Kleinvermieter. Ein Sonderfall sind Wohneigentümergeinschaften in

² Der gebäuderelevante Endenergieverbrauch wird im Folgenden auch als Wärmebedarf bezeichnet.

Mehrfamilienhäusern (DV 2019). Hier gibt es mehrere Eigentümer je Gebäude, die jeweils ein oder mehrere Wohnungen besitzen und gebäudebezogene Investitionsentscheidungen gemeinsam fällen müssen. Meist ist zudem eine Immobilienverwaltung eingeschaltet.

Dies unterstreicht die kleinteilige Eigentümerstruktur in Deutschland. Zudem ist der Anteil vermieteter Wohnungen im europäischen Vergleich sehr hoch. Damit sind besondere Herausforderungen bei der Aktivierung für die energetische Sanierung der Wohngebäude verbunden.

Bis 2050 soll der Gebäudebestand in Deutschland annähernd klimaneutral sein. Zudem ist das Ziel festgesetzt, den Primärenergiebedarf im Gebäudebereich um mindestens 80 % zu reduzieren (Referenzjahr 2008). Damit werden die bereits im Jahr 2010 festgelegten Klimaschutzziele der Bundesregierung konkretisiert. Erstmals werden im Klimaschutzplan auch Meilensteine je Sektor für den Weg dorthin festgelegt. Für 2030 legt der Klimaschutzplan der Bundesregierung für den Gebäudebereich mit einer Einsparung der CO₂-Äquivalente von 66-67 % (gegenüber 1990) die ambitionierteste Zielmarke aller Sektoren fest (BMUB 2016). Das sind 70 bis 72 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente bis 2030.

Handlungsfeld	1990 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2014 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2030 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2030 (Minderung in % gegenüber 1990)
Energiewirtschaft	466	358	175 – 183	62 – 61 %
Gebäude	209	119	70 – 72	67 – 66 %
Verkehr	163	160	95 – 98	42 – 40 %
Industrie	283	181	140 – 143	51 – 49 %
Landwirtschaft	88	72	58 – 61	34 – 31 %
Teilsomme	1.209	890	538 – 557	56 – 54 %
Sonstige	39	12	5	87 %
Gesamtsumme	1.248	902	543 – 562	56 – 55 %
Quelle: Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung				

Abb. 2: Klimaschutzziele nach Sektoren im Klimaschutzplan 2050, Quelle: BMUB 2016

Mit der Zielmarke eines klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050 sind die Ziele der Bundesregierung äußerst ambitioniert gesetzt. Sie werden sich nur durch einen kombinierten Ansatz dreier Strategien erreichen lassen:

- **Energieeinsparung durch energetische Gebäudemodernisierung:** Dies betrifft Maßnahmen an der Gebäudehülle wie die Dämmung der Fassaden, der obersten Geschoss- bzw. Kellerdecke, des Dachs sowie den Austausch der Fenster.
- **Effizienzsteigerung bei technischen Anlagen:** Z. B. Optimierung der Einstellungen technischer Anlagen, Absenkung der Betriebstemperaturen von Anlagen und Netzen, Wechsel von etagenbezogenen Heizsystemen zu zentralen Heizungsanlagen im Gebäude, KWK, Wärmerückgewinnung, Lüftung.
- **Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien zu Lasten fossiler Energieträger:** Als erneuerbare Wärmequellen kommen z. B. Solarthermie, Biomasse, Umweltwärme aus dem Boden, Luft oder Gewässern und je nach lokalen Gegebenheiten auch Tiefen-Geothermie in Frage. Ebenso fällt die Nutzung von Abwärme aus Abwasser, industriellen oder gewerblichen Prozessen (z. B. städtischer Serverstandorte) hierunter. Erneuerbarer Strom kann für die Wärmeversorgung in Form

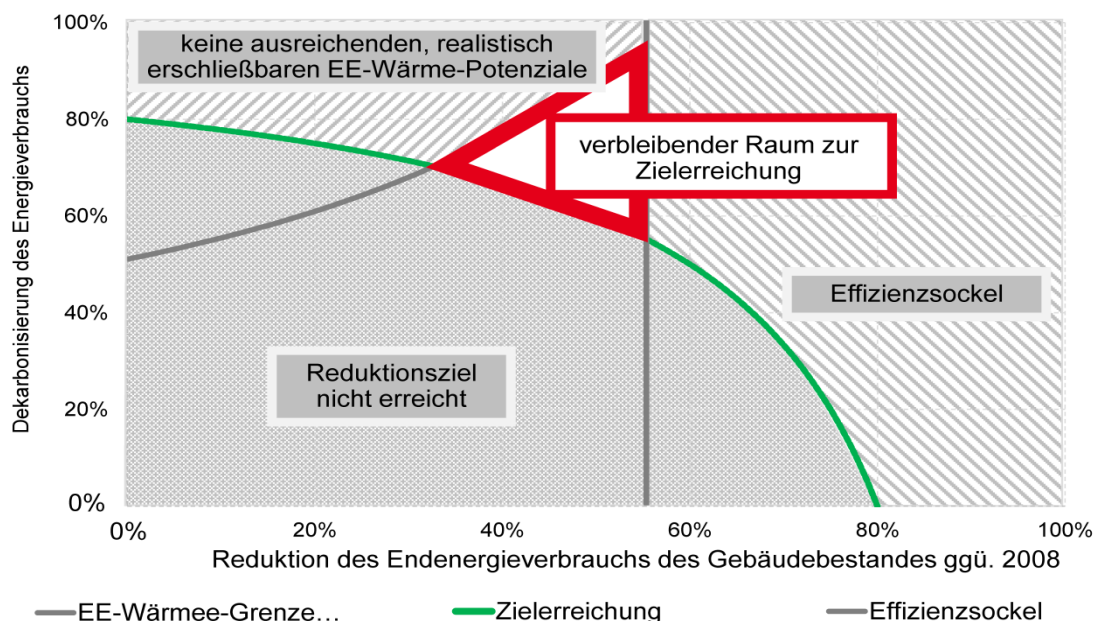
von zentralen oder dezentralen Wärmepumpen, Power-to-x-Verfahren oder Stromdirektheizungen genutzt werden.

Die wissenschaftliche Studie zur Energieeffizienzstrategie Gebäude der Bundesregierung (Thamling et al. 2015:32ff.) hat dargelegt, dass sich das Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestands nur erreichen lässt, wenn alle drei Strategien kombiniert und beherzt verfolgt werden. Nur eine substantielle Reduktion des Endenergiebedarfs (durch die Strategien Energieeinsparung und Energieeffizienz) und parallel die konsequente Umstellung der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien sind zielführend. Eine Vorfestlegung auf eine der Strategien kann die Erschließung von dringend notwendigen Potenzialen an anderer Stelle verbauen.

Laut der Studie definieren zwei „Extremszenarien“ die Grenzen des Zielerreichungskorridors:

- Im Transformationspfad „Maximale Endenergieeinsparung“ werden alle Möglichkeiten der Energieeinsparung durch energetische Gebäudemodernisierung und anlagenseitige Effizienzsteigerung ausgeschöpft. Die Endenergieeinsparung wird bis zur maximalen Grenze von 54 % ausgereizt und der Wärmebedarf entsprechend größtmöglich reduziert. Die verbleibende Lücke zur Zielerreichung wird mit der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien auf 57 % geschlossen.
- Im Transformationspfad „Erneuerbare Energien“ werden die aus heutiger Sicht bestehenden Potenziale komplett erschlossen. Gemessen am heutigen Energieverbrauch ließen sich maximal 69 % der Wärmeversorgung über erneuerbare Energien decken. Die dann noch verbleibende Lücke wird durch die Reduzierung des Wärmebedarfs um 36 % geschlossen.

Im Szenarienvergleich schneidet der Transformationspfad „Erneuerbare Energien“ kostengünstiger ab (bezogen auf die Kosten im Bereich der Wohngebäude), führt aber zu einem (geringfügig) höheren Bedarf an EE-Strom (ebd.).



*) Reduktion des mittleren, nicht erneuerbaren Primärenergiefaktors der eingesetzten Energieträger ggü. 2008

Quelle: Prognos/IEFU/IWU 2015

Abb. 3: Korridor zur Zielerreichung im Gebäudebereich zwischen den Transformationspfaden Reduzierung des Endenergieverbrauchs und Dekarbonisierung, Quelle: Thamling et al. 2015

Das optimale Verhältnis zwischen beiden Transformationspfaden lässt sich je nach räumlichen Gegebenheiten nur lokalspezifisch vor Ort ermitteln. Siedlungsstruktur, Sanierungsstand, baukulturelle Prägung der Siedlung, Infrastrukturbestand, aber auch sozio-ökonomische Verhältnisse, die Eigentumsverhältnisse und das Nutzerverhalten sind dabei zu beachten.

Die Transformationspfade dürfen auch deshalb nicht isoliert voneinander betrachtet werden, weil Wechselwirkungen zwischen ihnen bestehen. So bedingt der Einsatz niederkalorischer Energieträger wie z. B. Solarthermie eine Absenkung der Betriebstemperaturen in den Wärmenetzen. Dafür ist wiederum ein gewisser energetischer Standard in den Gebäuden erforderlich, ggf. auch die Umrüstung auf Flächenheizkörper (Riechel et al. 2016). Zudem ist darauf zu achten, dass auch nach der Senkung des Wärmebedarfs durch energetische Sanierung Heizungsanlagen und Versorgungsnetze ausgelastet sind, um einen unwirtschaftlichen Betrieb zu vermeiden (Schubert 2016). Gerade bei der Auslegung von Fern- und Nahwärmenetzen stellt sich diese Aufgabe regelmäßig.

Die Berechnungen aus der Energieeffizienzstrategie Gebäude machen deutlich, dass verschiedene Restriktionen und Potenzialgrenzen zu beachten sind. In technischer Hinsicht sind beispielsweise die Biomassepotenziale begrenzt (unter der Maßgabe, dass auf den Import von Holz aus Nachhaltigkeitsgründen verzichtet wird), weil Nutzungskonkurrenzen zur stofflichen Verwertung oder auch zum Verkehrssektor bestehen. Auch die erneuerbaren Strompotenziale werden für die zukünftige Wärmeversorgung des gesamten Gebäudebestands nicht ausreichen. Eine *all electric*-Strategie auch für die Wärmeversorgung ist daher nicht zielführend. Dass sich die energetische Qualität von Fenstern oder Außenwänden nicht unbegrenzt verbessern lässt, stellt eine weitere technische Restriktion dar.

Wirtschaftliche Grenzen ergeben sich beispielsweise ab einem gewissen Punkt bei der Steigerung der Energieeffizienz. Während bei der Sanierung von Bestandsgebäuden anfängliche Effizienzgewinne relativ günstig zu erreichen sind, nehmen die spezifischen Kosten bei jeder weiteren durch zusätzliche Dämmung eingesparten kWh zu (Holthuizen et al. 2018:67f.).

Im Rahmen dieser bundesweiten Abschätzung nicht betrachtet, aber auf städtischer Ebene relevant, sind Flächenrestriktionen für den Ausbau erneuerbarer Energien. Gerade in wachsenden Städten ergeben sich starke Nutzungskonkurrenzen. In einer Studie zur Wärmewende in Freiburg ermitteln Braungardt/Bürger (2018) bei einem Einsparszenario von 95 % CO₂-Äquivalenten einen zusätzlichen Flächenbedarf für erneuerbare Energien von bis zu 86 ha für Freiflächen-Solarthermieranlagen. Hinzu kämen innerhalb der Stadtgrenzen weitere Standorte für Windenergieanlagen - auch hier mit ihren spezifischen Flächenbedarfen und Abstandsflächen. Bei einem Power-to-Gas-Szenario kämen weitere Flächenbedarfe für solare Stromproduktion hinzu, die nicht innerhalb der Stadtgrenzen gedeckt werden können. Auch nach Einschätzung der Freiburger Stadtverwaltung und der örtlichen Infrastrukturbetreiber sind neben den begrenzten Biomassepotenzialen die Flächenrestriktionen als entscheidendes Hemmnis zu werten (ebd.)

Anders als im Strombereich werden Stand heute zentrale Klimaschutzziele im Wärmebereich gerissen (BMW 2019:104ff., Holthuizen et al. 2018:6) oder sind aber so verhalten formuliert, dass sie nicht zu einem weitestgehend neutralen Gebäudebestand führen. Im Detail ist der Status Quo für den Wärmebereich wie folgt: Der Wärmebedarf ist in den

vergangenen zehn Jahren (2008-2017) um 6,9 % zurückgegangen. Das Ziel einer Reduzierung bis 2020 um 20 % wird damit aller Wahrscheinlichkeit nach verpasst. In den vergangenen vier Jahren ist der Wärmebedarf sogar gestiegen. Dies hat teilweise mit kühler Witterung in einzelnen Monaten zu tun. Es liegt aber auch daran, dass Effizienzgewinne durch den Zubau von Wohnflächen und die pro Kopf ungebrochen wachsende Wohnfläche wieder zunichte gemacht werden.

Seit 2012 pendelt der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung zwischen 13 und 14 % (BMWi 2019a:59). Das Ziel von 14 % scheint damit erreichbar, ist aber nicht ambitioniert genug formuliert, um die Klimaschutzziele bis 2050 zu erreichen (Pehnt/Nast 2016). Wie anhand der Transformationsszenarien dargestellt, wird der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung zwischen 57 % und 69 % betragen müssen (BMWi 2015a:44).

Im Verkehrsbereich ist der Trend gar gegenläufig. Statt einer Reduzierung des Endenergieverbrauchs im Verkehr um 10 % bis 2020 ist er in den vergangenen Jahren gestiegen. In der Summe erscheint damit auch das übergreifende Ziel bis 2020, die Treibhausgase um 40 % gegenüber 1990 zu reduzieren, gefährdet. **Abb. 4** gibt einen Überblick über zentrale Kennwerte.

	2017	2020	2030	2040	2050
Treibhausgasemissionen: (ggü. 1990)	-27,5 %	mind. -40 %	mind. -55 %	mind. -70 %	weitgehend treibhausgas-neutral -80 % -95 %
Strom: Anteil EE am Bruttostromverbrauch	36 %	mind. 35 %	mind. 50 %	mind. 65 %	mind. 80 %
Wärme: Anteil EE am Wärmeverbrauch	13,4 %	14 %			
Wärme: Primärenergiebedarf Gebäude (ggü. 2008)	-18,8 %	_____ -80 %			
Wärme: Wärmebedarf Gebäude (ggü. 2008)	-6,9 %	-20 %			
Verkehr: Endenergieverbrauch (ggü. 2005)	6,5 %	-10 %	_____ -40 %		

Abb. 4: Ausgewählte Kennzahlen der Energiewende und ihr Status Quo der Zielerreichung, Quelle: eigene Darstellung, Daten aus BMWi 2019a

Unterm Strich reichen die bisherigen Anstrengungen im Gebäudebereich nicht aus, um die Klimaschutzziele zu erreichen (BMWi 2015a: 44f., Stolte/Drinkuth 2019:4). Schreibt man die heute ergriffenen politischen Maßnahmen fort, wird der Anteil erneuerbarer Energien im Jahr 2050 etwa 45 % erreichen, die Effizienz wird um ca. 30 % gesteigert. In

der Kombination beider Strategien wird bei diesem Trendszenario wird der Primärenergieverbrauch im Jahr 2050 gegenüber 2008 um ca. 60 % reduziert (BMW 2015a: 44f.). Damit würde die Zielmarke von 80 %³ deutlich gerissen, die Lücke betrüge etwa 20 % oder ca. 800 PJ. Schon bis 2030 wurde sich ein Rückstand gegenüber den Klimaschutzzielen von 28 Mio t Treibhausgasemissionen ergeben (Stolte/Drinkuth 2019:25).

Aus dem Referenzszenario resultierender Primärenergiebedarf und Vergleich mit dem Zielwert in 2050

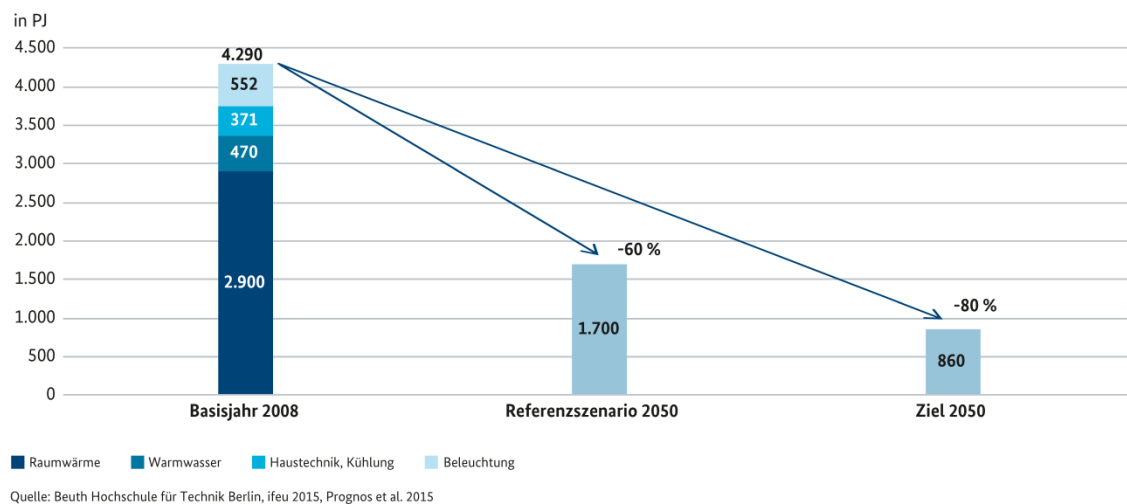


Abb. 5: Entstehende Zielerreichungslücke hinsichtlich des Primärenergiebedarfs bei einer Trendfortschreibung der bisherigen politischen Maßnahmen, Quelle: BMWi 2015a

Im Wesentlichen sind im Politikfeld Energiewende im Gebäudebereich folgende Instrumente(nbündel) zu unterscheiden (Kunz/Wenzel 2016)⁴:

- ordnungspolitische Instrumente: z. B. Energieeinsparverordnung (EnEV), Erneuerbare Energien-Wärmegezet (EEWärmeG),
- Förderprogramme: z. B. Gebäudesanierungsprogramme, KfW-Programme, Marktanreizprogramme sowie
- informatorische und beratende Maßnahmen: z. B. Vor-Ort-Beratung, Energieberatung im Mittelstand, Energieberatung Kommunen, individueller Sanierungsfahrplan.

Der politische Schwerpunkt im Gebäudebereich lag in den vergangenen Jahren bei der Förderung von gebäude- und anlagenseitigen Effizienzmaßnahmen. **Abb. 6** listet die Förderprogramme und deren Einspareffekte auf. Da die meisten dieser Förderprogramme erst seit 2016 laufen, sind die bisherigen Zahlen noch nicht belastbar. Aussagekräftiger sind die Zahlen für das bereits seit 2006 bestehende CO₂-Gebäudesanierungsprogramm. Das Programm führte zu etwa einem Viertel der avisierten Primärenergieeinsparungen im Gebäudebereich. So konnten von 2006 bis 2016 bereits 101 PJ Primärenergie und 77

³ Häufig wird verkürzt vom Primärenergiefaktor gesprochen. Wie anhand der wissenschaftlichen Studie zur Energieeffizienzstrategie Gebäude dargelegt, lässt sich der Primärenergiebedarf allein durch Energieeffizienzmaßnahmen nur um max. 54 % reduzieren. Der Bedarf an fossilen Energieträgern muss darüber hinaus weiter reduziert werden, indem sie durch erneuerbare ersetzt werden. In der Summe verbleiben dann max. 20 % fossile Primärenergieträger (vgl. Bürger et al. 2016).

⁴ Weitere denkbare Instrumente wie Anpassung des marktwirtschaftlichen Rahmens, Forschungsförderung, Aus- und Weiterbildung werden hier der besseren Übersichtlichkeit halber vernachlässigt.

PJ Endenergie eingespart werden (BMWi 2018). Erstmals wird seit 2017 mit dem Programm Wärmenetzsysteme 4.0 Wärmeinfrastruktur als Gesamtsystem und nicht nur als Einzeltechnologien, gezielt gefördert.

Bislang quantifizierbare Wirkungen von Effizienzmaßnahmen ab 2016

NAPE-Maßnahme und Programme auf Grundlage der Beschlüsse der Parteivorsitzenden der Koalition aus CDU, CSU und SPD vom 1. Juli 2015	Primärenergieeinsparung* (in PJ)		CO ₂ -Einsparungen* (in Mt CO ₂ -Äq.)	
	2016	2017	2016	2017
NAPE-Maßnahmen (nur Maßnahmen mit für die Berichtsjahre quantifizierten Primärenergieeinsparungen)				
CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramm: Wohngebäude	96,5	115,4	8,04 **	8,4
CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramm: Nichtwohngebäude	4,8	6,3	0,2	0,3
Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE)	1,6	4,1	0,1	0,3
Nationales Effizienzlabel für Heizungsanlagen	0,01	2,4	0,0	0,1
Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (MAP)	2,1	3,0	1,2	1,1
KfW-Energieeffizienzprogramm für Produktionsanlagen und -prozesse	9,6	10,1	0,5	0,6
Initiative Energieeffizienznetzwerke	13,3	19,1	1,1	1,6
Energieauditpflicht für Nicht-KMU	4,1	8,3	0,3	0,5
Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz (MIE)	0,6	0,9	0,0	0,1
Energieeffiziente und klimaschonende Produktionsprozesse	3,0	3,9	0,2	0,7
Nationale Top-Runner-Initiative (NTRI)	0,0	0,1	0,0	0,005
STEP up! „STromEffizienzPotenziale nutzen“	0,1	0,6	0,0	0,0
Einsparzähler	0,0	0,01	0,0	0,001
Energiemanagementsysteme	0,5	0,7	0,03	0,04
Energieberatung	7,4	12,8	0,5	0,7
Programme auf Grundlage der Beschlüsse vom 1. Juli 2015				
Förderung der Heizungsoptimierung durch hocheffiziente Pumpen und hydraulischen Abgleich	0,1	0,9	0,0	0,1
Querschnittstechnologien	2,5	4,6	0,2	0,2
Abwärmerichtlinie	0,8	2,9	0,1	0,2
Gesamtwirkung	147	196	12	15

Quelle: BMWi 04/2019

* kumulierte Wirkung nach NAPE-Logik seit Beginn der jeweiligen Maßnahmen bis einschließlich 2016 bzw. 2017

** bezieht sich auf das gesamte Programm

Abb. 6: bislang quantifizierbare Wirkungen von Effizienzmaßnahmen ab 2016, Quelle: BMWi 2019:86

Das Ordnungsrecht zielte bislang vor allem auf den Neubaubereich. Die Vorgaben wurden seit der 1. Wärmeschutzverordnung 1977 (heute EnEV) sukzessive verschärft und erreichen bereits hohe energetische Standards (Kahlenborn et al. 2019:187). Für den Bestand sind die ordnungsrechtlichen Vorgaben deutlich zurückhaltender (Kunz/Wenzel 2016:6f.). Diese Zurückhaltung ist durch die Sorge zu erklären, dass insbesondere die Wirtschaftskraft der Eigentümer von Ein- und Zweifamilienhäuser bzw. die Zahlungsfähigkeit der Mieter überfordert würde (Habermann-Nieße et al. 2012:28).

Das für die Steuerung erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung maßgebliche EE-WärmeG adressierte bislang nur die einzelnen Hausbesitzer. Wichtige und zur Zielerreichung notwendige erneuerbare Energieträger, die Wärmenetze erfordern (z. B. Tiefengeothermie, solarthermische Freiflächenanlagen, Abwärme), wurden demzufolge bislang nicht hinreichend berücksichtigt (Pehnt/Nast 2016).

Große Aufmerksamkeit haben die jüngsten Beschlüsse zur bundesdeutschen Klimapolitik erhalten.⁵ Im Oktober 2019 hat die Bundesregierung den Entwurf eines Klimaschutzgesetzes beschlossen, der im Dezember desselben Jahres in Kraft getreten ist (Bundesregierung 2019a). Das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2050 wird damit gesetzlich verankert. Ebenfalls vom Bundeskabinett beschlossen wurde das Klimaschutzprogramm 2030 (Bundesregierung 2019b). Darin wurde die Einführung eines nationalen Emissionshandels-systems ab 2021 für die Sektoren Wärme und Verkehr beschlossen. Für den Gebäudebereich sind insbesondere folgende Maßnahmen zu nennen:

- Steuerliche Förderung energetischer Sanierungsmaßnahmen
- Neukonzipierung der Bundesförderung für effiziente Gebäude inkl. Bündelung der Programme und finanzielle Aufstockung
- Investitionszuschüsse für energetische Gebäudesanierung:
- Austauschprämie für Öl-Heizungen mittels eines Förderanteils von bis zu 40 %
- Verpflichtende Energieberatung bei bestimmten Anlässen (z. B. Eigentümerwechsel)
- Förderung der seriellen Sanierung im Gebäudebereich

Im Sektor Energiewirtschaft sind für die urbane Energiewirtschaft insbesondere folgende Maßnahmen relevant:

- Weiterentwicklung des Förderprogramms „Wärmenetze 4.0“
- Perspektivisch Auflegen eines Förderprogramms für die Transformation von Bestandswärmenetzen
- Durchführung eines Stakeholder-Diologs „Wärmenetze im Kontext der Wärmewende“

Die EU hat mit der Verabschiedung des Legislativpakets „Saubere Energie für alle Europäer“ im Jahr 2019 ebenfalls entscheidende Leitplanken für die Energie- und Klimapolitik der Mitgliedsstaaten bis zum Jahr 2030 gesetzt (Pause 2019). Bereits im Sommer 2018 ist ein erster Teil dieses Pakets in Kraft getreten, darunter die für den Gebäudebereich relevante Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Schwerpunkte sind die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien zur Gebäudesteuerung (z. B. durch Automatisierungs- und Steuerungssysteme) sowie der Aufbau von Ladeinfrastrukturen und Ladepunkten für Elektromobilität in Gebäuden. Zudem wird in der Richtlinie festgelegt, dass ab 2021 alle Neubauten „Niedrigstenergiegebäude“ sein müssen, für öffentliche Gebäude gilt dies bereits ab 2019. Der Gebäudebestand wird adressiert, indem alle Mitgliedsstaaten verpflichtet werden, eine langfristige Renovierungsstrategie zu entwickeln. Die Quartiersebene findet in der Richtlinie allerdings keine Berücksichtigung. Einzig im Rahmen einer Revisionsschleife bis zum Jahr 2026 soll überprüft werden, „wie die Mitgliedstaaten in der Gebäude- und Energieeffizienzpolitik der Union integrierte Quartiers- oder Nachbarschaftsansätze anwenden könnten, wobei sichergestellt wird, dass jedes Gebäude die Mindestanforderungen an die Energieeffizienz erfüllt“ (EU 2018/844. Art. 19).

Für die Integration erneuerbarer Energien ist die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EU) 2018/2001 von Belang, die spätestens im Jahr 2021 in nationales Recht umgesetzt werden muss. Die Mitgliedsstaaten haben sicherzustellen, dass der Anteil erneuerbarer Energien

⁵ Ich beschränke mich hier auf die bloße Nennung wesentlicher Beschlüsse und Maßnahmen. Eine Bewertung wird an dieser Stelle nicht vorgenommen.

im Jahr 2030 mindestens 32 % beträgt. Erstmals sind zudem die Rechte von Eigenversorgern im Bereich erneuerbare Elektrizität und Erneuerbare-Energien-Gemeinschaften (Art. 21 und 22) festgeschrieben worden. Dies stärkt den Ansatz dezentraler Energieerzeugung und die Nutzung des Stroms vor Ort. Im Verkehrssektor soll bis zum Jahr 2030 ein Anteil erneuerbarer Kraftstoffe von mindestens 14 % erreicht werden. Dahingegen enthält die neue Richtlinie keine bindenden Vorgaben zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Pause 2019).

Welches Zwischenfazit ergibt sich daraus für den Status Quo der Energiewende im Gebäudebereich? Die politischen Maßnahmen zur Erreichung eines weitgehend klimaneutralen Gebäudebestands sind bislang zu einem Großteil auf Einzelgebäude ausgerichtet gewesen. Dies war nicht nur bei der Reduzierung des Wärmebedarfs der Fall, sondern bemerkenswerterweise auch bei der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Die bisherigen Ausführungen haben die Grenzen einer solchen Herangehensweise aufgezeigt. Allein auf der Gebäudeebene zu agieren, bedeutet vor dem Hintergrund der ambitionierten Klimaschutzziele:

- Technische Ineffizienzen durch eine unnötige Beschränkung im Portfolio möglicher technischer Maßnahmen in Kauf zu nehmen,
- Skaleneffekte und ökonomische Vorteile durch Flexibilisierung der Erzeugungsanlagen entsprechend unterschiedlicher Nutzerbedarfe nicht auszuschöpfen und
- Aktivierungspotenziale durch quartiersbezogene Kommunikations- und Vernetzungsangebote zu verschenken und damit Chancen für eine Verwirklichung der Energiewende als Gemeinschaftsaufgabe auszulassen.

Dies alles spricht für die Quartiersebene. Sie wurde aber in der Vergangenheit kaum mit entsprechenden Instrumenten untersetzt.

Eine Ausnahme bildet die Förderung energetischer Quartierskonzepte⁶ durch das KfW-Programm 432 „Energetische Stadtsanierung“. Es läuft bereits seit 2011 und hat dazu beigetragen, dass das Thema Energie verstärkt in den Ämtern für Stadtplanung und Stadterneuerung in deutschen Kommunalverwaltungen Einzug gehalten hat. Die Quartierskonzepte können eine zentrale „Planungs- und Entscheidungshilfe sowohl für die Stadtentwicklung im Allgemeinen als auch der energie- und klimabezogenen Investitionsplanung der Kommunen im Speziellen“ (Heinrich et al. 2019:54) sein. In der Realität - so zeigte eine empirische Analyse der 1. Generation dieser Konzepte - bleiben sie aber häufig und teilweise deutlich hinter den Klimaschutzzielen der Bundesregierung zurück (Riechel et al. 2016). Daneben wird von der KfW ein sogenanntes Sanierungsmanagement gefördert. Es soll dazu dienen, die Umsetzung der Konzepte zu unterstützen.

In der Evaluation des KfW-Förderprogramms 432 „Energetische Stadtsanierung - Zuschuss“ (Heinrich et al. 2019) werden folgende Daten zum Erfolg des Programms genannt. Insgesamt wurden in der Zeit von 2011-2017 729 Anträge für Konzepte und 200 Anträge für Sanierungsmanagements (1. und 2. Phase zusammen) genehmigt. Aus den Konzepten gehen Primärenergieeinsparungen von 4.530 GWh / Jahr bzw. Endenergieeinsparungen von 2.676 GWh / Jahr hervor. Tatsächlich umgesetzt wurden 704 GWh / Jahr Primärenergieeinsparungen bzw. 447 GWh / Jahr (Heinrich et al. 2019:13). Offen bleiben muss damit

⁶ Andere energetische Quartierskonzepte sind beispielsweise durch das BMWi oder das BMBF gefördert worden.

freilich die Frage, welchen zusätzlichen Beitrag das Quartierskonzept dazu geleistet hat, da dazu keine Daten vorliegen.

So wertvoll die Förderung der energetischen Quartierskonzepte ist. Es handelt sich um eine investitionsvorbereitende Förderung, d. h. die tatsächliche Umsetzung liegt bei Dritten und lässt sich durch das Förderprogramm nicht beeinflussen. So ist die geringe Umsetzung das zentrale Manko. Nur etwa 25 % der Konzepte sind bislang in die Umsetzung gekommen (ebd.). Dies liegt einerseits an der fehlenden Selbstbindung an die erarbeiteten Konzepte seitens der Akteure im Quartier. Es liegt andererseits aber auch an ausbleibenden oder zu schwachen Unterstützungsmaßnahmen übergeordneter Ebenen.

Im Ende Mai 2019 veröffentlichten Referentenentwurf zum Gebäudeenergiegesetz werden neben der Quartiersbilanzierung an verschiedenen Stellen Anreize für Quartierskonzepte gesetzt. Beispielsweise, indem Erdgas-KWK einen niedrigeren Primärenergiefaktor ansetzen können, wenn damit Altanlagen von Nachbargebäuden mit schlechter Energieeffizienz ersetzt werden können (§ 22 Abs. 3). Diese ordnungsrechtliche Verankerung - so der Gesetzentwurf in Kraft tritt - könnte ungeachtet weiterer Optimierungsvorschläge (siehe Kap. 4) ein wichtiger Schritt zur Stärkung der Quartiersebene sein.

Die aktuelle Debatte zu Quartieren als Umsetzungsebene für die urbane Energiewende in Deutschland könnte einen Anstoß für die Überprüfung der Gebäudeenergieeffizienzstrategie der EU darstellen. Möglicherweise könnten damit Impulse für eine stärkere Verzahnung der politischen Instrumente für Energieeffizienz und dem Einsatz erneuerbarer Energien gesetzt werden. Mögliche Spannungen zu europäischen wettbewerbspolitischen Vorschriften, die eine Trennung von Funktionsbereichen erfordern, sind dabei zu berücksichtigen.

3 Das Quartier als Handlungsebene für städtischen Klima- und Umweltschutz

Das Quartier ist bereits seit mehreren Jahrzehnten etablierte Handlungsebene in der integrierten Stadtentwicklung. Der in der Leipzig-Charta manifestierte Ansatz der integrierten Stadtentwicklungspolitik trägt den vielfachen Anforderungen an den Raum und den komplexen Herausforderungen, vor denen Städte stehen, Rechnung und ist die Antwort auf die Notwendigkeit eines integrierten Managements konzeptioneller Politik. Integrierte Stadtentwicklung koordiniert zentrale städtische Politikfelder in räumlicher, sachlicher und zeitlicher Hinsicht. Schon in der ersten Fassung der Leipzig Charta von 2007 wird das Quartier als in gesamtstädtische Entwicklungsstrategien eingebettete Handlungsebene hervorgehoben. Derzeit wird die Leipzig Charta überarbeitet und im Jahr 2020 neu verabschiedet. Im aktuell vorliegenden Entwurf wird die Quartiersebene gegenüber dem Vorgängerdokument noch einmal besonders herausgestrichen und ihre Eignung als Handlungsraum für städtische Herausforderungen und spezifische urbane Potenziale betont.

Der „Quartiersansatz“ (Alisch 1998) erhielt mit der Etablierung des Städtebauförderprogramms Soziale Stadt in den 1990er Jahren Aufschwung. Prägend war das neue Grundverständnis, dass für die Unterstützung sozial benachteiligter Quartiere neben exogenen Unterstützungsmaßnahmen auch die endogenen Entwicklungspotenziale des jeweiligen Quartiers zu berücksichtigen sind (Schnur/Markus 2010). Inzwischen adressieren weitere Städtebauförderprogramme wie „Stadtumbau“ oder „Aktive Stadt- und Ortsteilzentren“ diese Handlungsebene. Auch das bereits seit den 1970er Jahren bestehende Instrument der Sanierungsgebiete bezog sich (wenn auch noch mit mehr oder weniger ausschließlich räumlichem Bezug) letztlich auf die Quartiersebene.

Das Quartier als „Mittelweg zwischen Gesamtstadt und Gebäude“ (BMVBS 2012:32) bildet den geeigneten Handlungsraum für die abgestimmte Entwicklung von Siedlungsstruktur, Infrastrukturen und Gebäude. Gegenüber der Gesamtstadt hat es den Vorteil geringerer Komplexität und stellt damit eine noch relativ überschaubare Planungs- und Umsetzungseinheit dar. Zugleich wird damit den oftmals bestehenden Fragmentierungen und Unterschieden auch innerhalb einer Stadt Rechnung getragen, etwa in Bezug auf siedlungsstrukturelle und sozioökonomische Parameter oder den Infrastrukturbestand. Gleichwohl muss beim Fokus auf das Quartier sichergestellt bleiben, dass die teilträumlichen Entwicklungen in gesamtstädtische und regionale Zusammenhänge eingebettet sind.

Nicht nur für Planende, sondern auch für die Bevölkerung stellt das Quartier einen wichtigen Bezugsraum dar, weil es den jeweils eigenen nähräumlichen Lebenszusammenhang darstellt (Schnur 2014). Hier werden Stadtgesellschaft und urbaner Raum erleb- und beschreibbar (Bukow 2018). Dies gilt in gleicher Weise für private Wohnungseigentümerinnen und -eigentümer, für Wohnungsunternehmen, Infrastrukturbetreiber und weitere stadtgesellschaftliche Akteure, die in einem bestimmten Quartier „tätig“ sind und es deshalb als Bezugsraum begreifen (z. B. ein Wohnungsunternehmen, wenn sich dessen Wohnungsbestände in einem Quartier konzentrieren).

Schüle et al. (2017:109) stellen mit Blick auf die Aktivierung endogener Potenziale der Quartiersentwicklung fest: „Das Quartier ist ein wichtiger Ansatzpunkt, um auf lokaler Ebene Initiativen zur Entwicklung neuer Wege für eine klimaschonende Innovations- und Lebenskultur zu etablieren. Das Quartier ist eine Plattform, auf der gemeinsame Interessen von Akteurinnen und Akteuren (Kommune, Bewohnerinnen und Bewohner, Eigentümerinnen und Eigentümer, etc.) gut organisiert und Handlungsansätze, die über das einzelne Gebäude hinausgehen, diskursiv entwickelt sowie umgesetzt werden können.“

Quartiere sind demnach auch Orte für soziale und technische Innovationen. Neuerungen können „im kleinen Rahmen“ erprobt werden. Wenn diese sich im „Experimentierraum Quartier“ bewähren, können sie in alltägliche Handlungsweisen, planerische Strategien, technische Standards, Geschäftsmodelle etc. Einzug halten. Sie können so auch in anderen Quartieren, gesamtstädtisch oder auch darüber hinaus wirksam werden und damit einen Beitrag zu urbanen Transformationsprozessen wie der städtischen Energiewende leisten (Riechel et al. 2017).

Auch der vor einigen Jahren entwickelte Ansatz der energetischen Stadterneuerung steht im Geiste einer integrierten Stadtentwicklung (BMVBS 2011). „Energetische Stadterneuerung umfasst die strategische Ausrichtung und Koordinierung von Maßnahmen der Energieeinsparung, der Effizienzsteigerung und des Einsatzes erneuerbarer Energien. Sie ist eine interdisziplinäre Aufgabe, die Akteure und Systemzusammenhänge auf den Ebenen Gebäude, Quartier und Gesamtstadt einbindet.“ (BMVBS 2011:14). Der Quartiersebene kommt dabei eine „Schlüsselfunktion“ (BBSR 2017:92) zu. Im Grunde bedient diese Herangehensweise nicht nur die Schnittstelle zwischen Stadt- und Energieplanung, sondern geht darüber hinaus, indem Aspekte wie die Nutzung lokaler Ressourcen, nachhaltige Mobilität und Standortqualität ebenfalls adressiert werden (vgl. Abb. 7).

Der Ansatz macht deutlich, dass Quartierslösungen - soweit sie sich auf den Bestand beziehen - nur unter Berücksichtigung bestehender Siedlungsstrukturen und Sanierungsstände sowie Infrastrukturen (Strom, Wärme, Gas) entstehen können. Alle innerhalb der Stadtregion verfügbaren energetischen Potenziale sind zu berücksichtigen. Lokalspezifische Rahmenbedingungen wie verfügbare Flächen und potenzielle Flächenkonkurrenzen, der Wohnungs- und Immobilienmarkt, das Mietniveau im Quartier usw. sind ebenfalls zu beachten.

In Wachstumsregionen mit hohen Mieten besteht gerade in innerstädtischen Quartieren ein erheblicher Nachverdichtungsdruck, der die bauliche Dichte im Quartier ändern und netzgebundene Wärmeversorgungstechnologien attraktiver machen kann. Gleichzeitig erfolgen Sanierungstätigkeiten aber nur selten warmmietenneutral. Gerade in Quartieren mit hohen Mieten kann dies zu sozialen Härten bis hin zu Verdrängungseffekten führen. Ist das Mietniveau sehr niedrig - wie in Kommunen mit rückläufigen Bevölkerungszahlen - bestehen kaum Spielräume für die Vermieter zur Refinanzierung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen (vgl. Riechel et al. 2016:6).

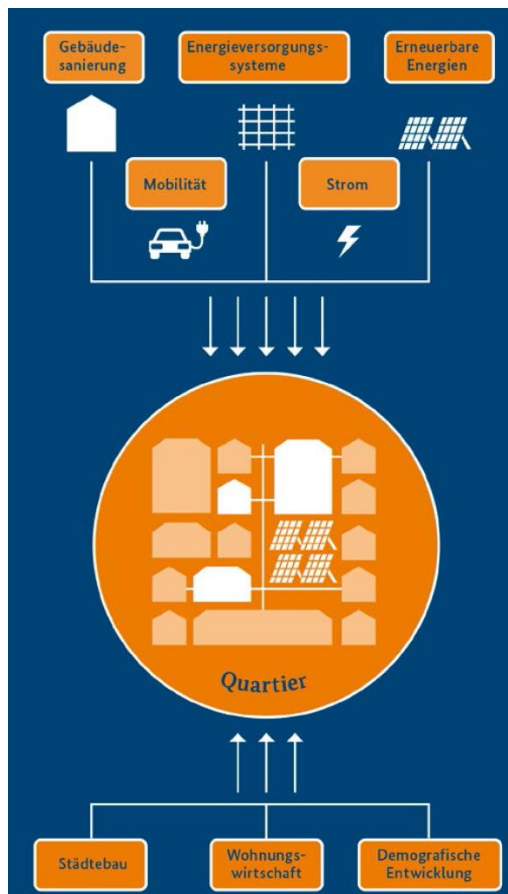


Abb. 7: Das Quartier als Handlungsebene für den integrierten Ansatz der energetischen Stadterneuerung (BBSR 2019)

3.1 Energetische Stadterneuerung

Entlang der am Ende des Kapitels 2 identifizierten Schwächen einer rein gebäudebezogenen Betrachtung werden in diesem Abschnitt die spezifischen Vorteile der Quartiers-ebene herausgearbeitet. Erstens, können durch die gebäudeübergreifende und gleichzeitige Betrachtung von energetischer Gebäudemodernisierung und Umbau der Wärmeversorgung sowie die wechselseitige Abstimmung der verschiedenen Infrastrukturen in Planung und Betrieb hocheffiziente innovative Systemlösungen entstehen (Riechel et al 2016). Zweitens, bietet der Quartiersansatz aber auch wirtschaftliche Vorteile, weil es möglich wird, energetische Gebäudestandards und erneuerbare Wärmeversorgung derart zu kombinieren, dass die kostengünstigste mit den Klimaschutzzielen compatible Lösung gefunden wird. Drittens, ist die organisatorische Seite zu betrachten. Die Quartiersebene bietet spezifische kommunikative Vorteile für die Mobilisierung lokaler Akteure, die Stärkung der Teilhabe der Bevölkerung und neue Kooperationsmodelle. Die spezifischen Vorteile der Quartiersebene sind in **Tab. 1** zusammengefasst und werden im Folgenden systematisch dargestellt.

Aus technischer Sicht weist die Quartiersebene deutliche Vorteile gegenüber der Einzelgebäudeebene auf. Netzgebundene Versorgungslösungen sind ein wichtiges Element einer urbanen Energiewende, weil sie die Bandbreite möglicher Lösungen grundlegend erweitern (Stolte/Drinkuth 2019:25, VKU 2018:7, Vögele et al. 2016:5f., Kahlenborn et

al.2019:200ff.). Pehnt/Nast (2016:12) führen dazu aus: „Um die Wärmewende erfolgreich zu gestalten, müssen alle zur Verfügung stehenden erneuerbaren Energiequellen genutzt werden. In vielen Fällen können umweltschonende Energien besonders kostengünstig oder sogar ausschließlich mithilfe von Wärmenetzen erschlossen werden, die Quartierslösungen erfordern. Dazu gehören u. a. Tiefengeothermie, solarthermische Großanlagen, Großwärmepumpen und effizient in Netzen genutzte Wärme aus Überschussstrom von erneuerbaren Energieanlagen sowie die Nutzung von Abwärme aus fossilen und Biomasse-Kraftwerken, der Industrie oder der Müllverbrennung.“

	Potenziale der Quartiersebene
technische Potenziale	• Erzeugung von Strom und Wärme vor Ort und Nutzung lokaler Ressourcen • Fokus auf Wärmenetze ermöglicht die Integration zusätzlicher erneuerbarer Energieträger wie Tiefengeothermie, Abwärmequellen aus Industrie, Gewerbe, Abwasserentsorgung • Steigerung der Effizienz und Erhöhung der technischen Flexibilität über die Vernetzung von Gebäuden
ökonomische Potenziale	• Kostenvorteile durch Skaleneffekte bei Erzeugungsanlagen und Speichern • verminderter Technikeinsatz durch Vernetzung von Gebäude reduziert in der Summe Investitionskosten • mögliche Mengenrabatte für Baumaterialien und Dienstleistungen
organisatorische Potenziale	• quartiersbezogene Kommunikationsansätze ergänzen persönliche Beratungsangebote zur energetischen Gebäudemodernisierung • Neue Geschäfts-, Betreiber- und Kooperationsmodelle für Infrastrukturbetreiber, Wohnungsunternehmen und Immobilieneigentümer • Verstärkung der Teilhabe für Bürgerinnen und Bürger • quartiersspezifische Tarifmodelle, von denen die Haushalte im Quartier profitieren (z. B. quartiersbezogene Mieterstrommodelle)

Tab. 1: Potenziale der Quartiersebene gegenüber der Einzelgebäudeebene, eigene Darstellung

Wärmenetze können als „Drehscheibe“ (Hamburg Institut 2015) für verschiedene im urbanen Raum erzeugte bzw. anfallende Wärmequellen dienen, indem sie flexibel verschiedene relativ kleinteilige Energiequellen integrieren. Zunehmend spielt dabei auch die dezentrale Einspeisung im Quartier erzeugter Wärme eine Rolle, etwa durch eine solarthermische Anlage auf einem Wohn- oder Gewerbegebäude. Zudem erhöht sich durch die

technische Vernetzung die Effizienz, wenn Verbraucher mit unterschiedlichen Bedarfszeiten versorgt werden, weil Bedarfsspitzen ausgeglichen werden können. Gleiches gilt für den Fall, wenn in Quartieren Niedrigenergie- oder gar Energieplus-Gebäude neben älteren, nicht autark zu betreibenden Gebäuden stehen. Hier können Wärmenetze sozusagen Überschüsse und Defizite ausgleichen.

Für die Nutzung niederkalorischer erneuerbarer Energieträger wie Solarthermie, oberflächennahe Geothermie oder bestimmte Abwärmequellen sind Niedertemperatur-Wärmenetze erforderlich. Dazu zählen Wärmenetze unter 90°C, wobei sogenannte „kalte Wärmenetze“ (Wärmenetze der 4. Generation) teils mit Vorlauftemperaturen von nur 10°C betrieben werden (Grießhammer et al. 2018). Grundsätzlich sind solche hocheffizienten Netze bei entsprechender baulicher Dichte auch bei Neubauten mit geringen Wärmebedarfen denkbar (z. B. Bahnstadt Heidelberg). Wenn Niedertemperatur-Wärmenetze eingesetzt werden, geschieht dies in der Regel beim Neubau. Die Absenkung der Betriebstemperatur im Bestand durch das Abtrennen von Sekundärnetzen bzw. in kleineren Nahwärmeinseln beschränkt sich bislang auf wenige Beispiele (z. B. Hildesheim-Drispensiedt).

Dass Wärmenetze einen zentralen Beitrag für die Erreichung der Klimaschutzziele im Gebäudebereich spielen, ist weitgehend unbestritten (so z. B. auch die Umweltministerkonferenz im Mai 2019). Offen ist aber die Frage, welcher Anteil an der Gesamtversorgung über Wärmenetze sinnvoll zu decken ist. Zu berücksichtigen ist dabei auch die jeweilige infrastrukturelle Konfiguration im Bestand (z. B. Konkurrenz zwischen Gas- und Wärmenetzen, Fernwärme vs. Nahwärmenetze).

Die dezentrale Energieerzeugung im Quartier ist ein wesentliches Element energetischer Quartierslösungen. Solche Versorgungskonzepte werden in der Regel nicht nur Wärme-, sondern auch dezentrale Stromerzeugung aus BHKW (möglichst mit Biogas gespeist), PV-Anlagen oder zukünftig auch Brennstoffzellen beinhalten. Zudem gewinnen mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien quartiersbezogene Speicher an Bedeutung. Auch die intelligente Verknüpfung des Strom- und Wärmesektors im Quartier im Zuge der voranschreitenden Digitalisierung ein wichtiges Zukunftsthema (Schmidt 2016:68f., DV 2019:4).

Auf wirtschaftlicher Seite werden vor allem Skaleneffekte im Quartier wirksam. Freiflächen-Solarthermieanlagen im Vergleich zu auf Dächern installierten solarthermischen Anlagen bieten einen deutlich günstigeren kWh-Ertrag. Auch Speicherlösungen im Quartiermaßstab sind kostengünstiger im Vergleich zu je einem Mikrospeicher pro Gebäude. Kostenvorteile können auch dadurch entstehen, dass bei vernetzten Systemen die Anlagen anders dimensioniert werden können als bei gebäudebezogenen Anlagen. Schließlich lassen sich im Quartier über Einkaufsgemeinschaften auch Mengenrabatte für Produkte oder Dienstleistungen (z. B. Handwerker) realisieren.

Bislang liegen kaum Studien vor, die die technischen und ökonomischen Vorteile der Quartiersebene quantifizieren. Anhand einer Beispielrechnung des Verbands Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e.V. (BBU) für die Sanierung einer Wohnanlage der Wohnungsgenossenschaft Märkische Scholle im Berliner Stadtteil Lichtenfelde Süd lassen sich die Einsparungen durch eine gebäudeübergreifende Betrachtung auch quantitativ fassen (Holthuizen et al. 2018:92). Die Vernetzung der Gebäude (thermisch und elektrisch) erbringt gegenüber einer gleichfalls optimierten, aber gebäudebezogenen Betrachtung eine zusätzliche Reduzierung des Primärenergiebedarfs um 3,3 %. Die auf die

Reduktion des Technikeinsatzes zurückzuführenden kostenseitigen Einsparungen belaufen sich gar auf ca. 14 %.

Lageplan
Wohnanlage Lichterfelde
Mättkische Scholle eG

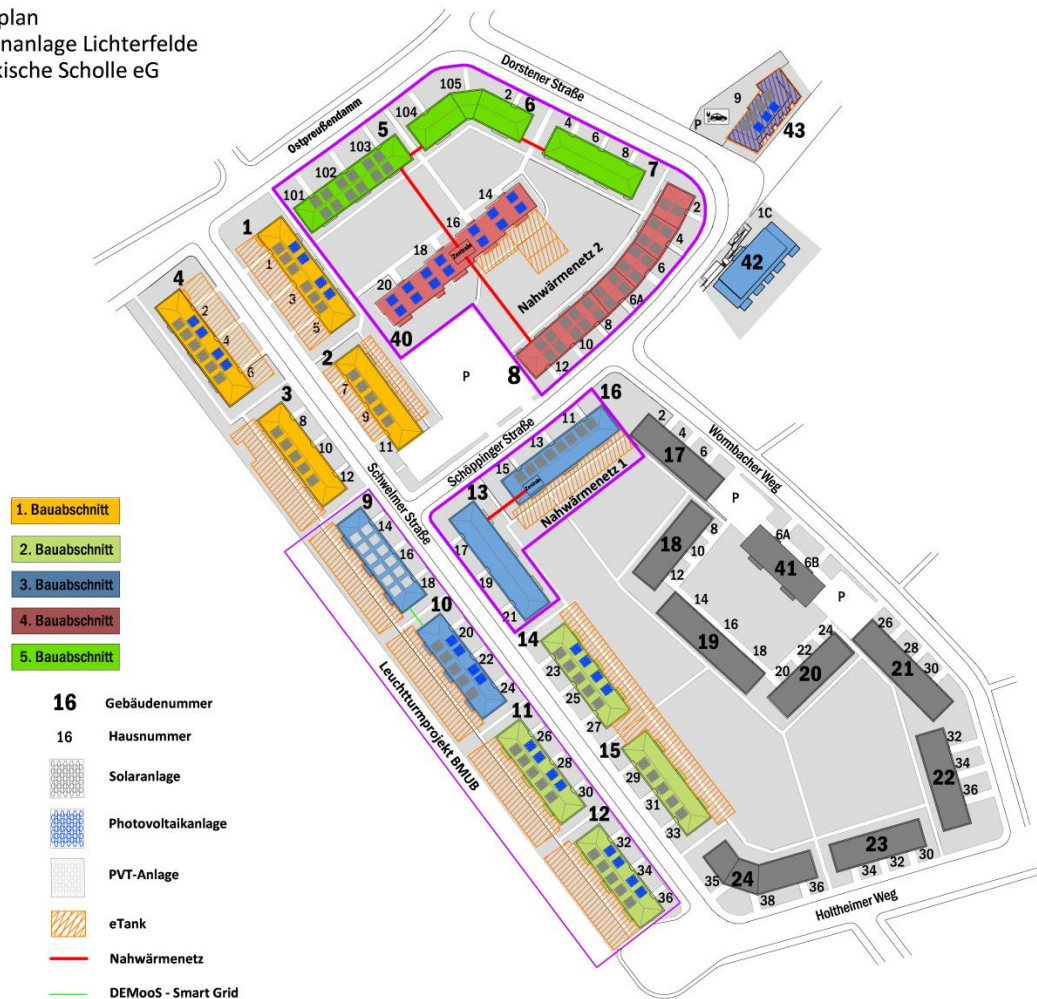


Abb. 8: Lageplan der Wohnsiedlung Lichterfelde Süd, Quelle: Holthuisen et al. 2018:86

Die bisherigen Ausführungen haben es bereits deutlich gemacht: Energetische Stadtsanierung ist durch eine Vielzahl unterschiedlicher Akteure geprägt, die je ihre spezifischen Interessen, Handlungslogiken und Kompetenzen haben (siehe dazu ausführlich BBSR 2017, Riechel et al. 2016, Riechel et al. 2017). Integrierte Quartierslösungen sind ohne Akteure wie Wohnungsunternehmen, private Eigentümerinnen und -eigentümer sowie Infrastrukturbetreiber nicht denkbar. Entsprechend wichtig sind quartiersspezifische Eigenarten wie Eigentümerstrukturen, Sanierungszyklen und infrastrukturelle Investitionsbedarfe

Die Koordinationsaufgabe bei Quartierslösungen an der Schnittstelle von Stadtentwicklung und Energieplanung ist groß. Kommunen kommt dabei eine herausgehobene Position zu (Riechel et al. 2017). Gebäudeeigentümer müssen für die energetische Gebäudemodernisierung aktiviert und ggf. ihr Interesse an einer quartiersbezogenen Versorgungslösung gewonnen werden. Die Investitionsstrategien der Gebäudeeigentümer und die von unterschiedlichen Infrastrukturbetreibern (Strom, Wärme, Gas) müssen abgestimmt und

auf die Klimaschutzziele ausgerichtet werden. Zudem sind alle Investitionsentscheidungen auch zeitlich sinnvoll einzutakten (Vögele et al. 2016). Zum Beispiel muss das Ablösen alter dezentraler Anlagen durch ein Nahwärmenetz im Quartier mehr oder weniger zeitgleich erfolgen. Hier kommt die Funktion des Quartiers als Plattform für die Abstimmung verschiedener akteursbezogener Strategien zum Tragen. „Das Quartier als Handlungsraum erhält seine Handlungsfähigkeit nur unter der Bedingung, dass die Akteure zu kooperativem Handeln bereit sind.“ (Riechel 2016). Ansonsten bleibt es allenfalls bei Einzelaktionen.

Die organisatorischen Potenziale des Quartiers beziehen sich u. a. auf die Aktivierung über quartiersbezogene Kommunikationsansätze: einerseits mit Blick auf die Sanierungstätigkeiten von Eigentümerinnen und Eigentümer, andererseits aber auch auf Verhaltensänderungen der Wohnbevölkerung. Quartiersbezogene Kommunikationsansätze sollen und können bestehende Angebote der persönlichen Beratung nicht ersetzen, aber sinnvoll ergänzen und möglicherweise zu höherer Wirksamkeit führen. Eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze sind in der Praxis bereits erprobt worden (vgl. Alcántara/Wassermann 2016, Hiete et al. 2017, DV 2015, BBSR 2017). Dazu gehören die Einrichtung eines Beratungsbüros zur energetischen Sanierung im Quartier oder ein sogenannter „Quartiersarchitekt“ (Hiete et al. 2017:61). Andernorts wurden Stadtteilstefte mit energetischer Beratung oder Rundgänge mit einer Wärmebildkamera durchgeführt. Die Nähe im Quartier ermöglicht es, dass sich an Sanierung interessierte Bürger in „losen Runden“ zusammentreffen und sich austauschen. Ebenso können Besuche bei Nachbarn organisiert werden, die bereits Sanierungsaktivitäten durchgeführt haben. Das Quartier bietet grundsätzlich auch das Potenzial für selbstverstärkende Ausbreitungseffekte durch Mundpropaganda, Netzwerkeffekte und soziale Normen im Laufe von sozialen Diffusionsprozessen (Vögele et al. 2016: 7).

Im Zuge einer zunehmend dezentralen Erzeugung von Strom und Wärme diversifiziert sich die Akteursstruktur auf dem Energiemarkt und Rollen können sich verschieben. Wenn Wohnungsunternehmen, private Einzeleigentümer oder Gewerbetreibende selbst Strom oder Wärme erzeugen und diese ins Netz einspeisen, werden sie von Kunden zu Prosumern, die einen Teil ihres Energiebedarfs selbst produzieren (Flaute et al. 2018). Dies verändert das Verhältnis zwischen ihnen und den Energieversorgern und dürfte neue Kooperationen und Allianzen nach sich ziehen, beispielsweise auch zwischen Bürgerinnen und Bürgern und professionellen Akteuren wie Infrastrukturbetreibern oder Energiedienstleistern. Damit einher geht die Entwicklung neuer Betreiber- und Geschäftsmodelle durch die Energieversorger.

Im Vergleich zum ländlichen Raum haben Städte hinsichtlich der Teilhabe der Bevölkerung an der Energiewende - wie sich etwa an der Zahl der Bürgerenergiegenossenschaften zeigt - noch deutlichen Nachholbedarf. Die Handlungsebene Quartier drängt sich aufgrund des starken lebensweltlichen Bezugs für die Stärkung der Teilhabe geradezu auf. Sei es, indem Bürgerinnen und Bürger selbst Strom oder Wärme erzeugen (z. B. Errichtung und Betrieb von BHKWs durch Energiegenossenschaften), indem sie sich an Energieerzeugungsanlagen finanziell beteiligen oder indem sie durch spezifische Tarifmodelle ökonomische Vorteile erhalten. Diese Formen des konkreten individuellen Nutzens können sich positiv auf die Umsetzung der urbanen Energiewende auswirken (Vögele et al. 2016). Auch Mitgestaltungsmöglichkeiten an Energieversorgungslösungen im Quartier zu einem frühen Zeitpunkt im Planungsprozess können helfen, eventuelle Konflikte frühzeitig auszuräumen.

Mieterstrommodelle sind zunehmend ein wesentlicher Baustein der urbanen Energiewende (Baues 2017, Flieger et al. 2018, Zuber et al. 2018). Als Mieterstrom wird der Strom bezeichnet, der in wohngebäudebezogenen KWK-Anlagen oder Solaranlagen auf dem Gebäudedach erzeugt und an Letztverbraucher in diesem Gebäude oder in Wohngebäuden in unmittelbarem räumlichen Zusammenhang ohne Durchleitung durch das öffentliche Stromnetz geliefert wird. Dafür wird laut Mieterstromgesetz ein Mieterstromzuschlag für den Anlagenbetreiber gewährt. In der Regel können mit Mieterstrommodellen Preise erzielt werden, die deutlich unter dem Grundversorgertarif einer Stadt liegen. Kennzeichnend für Mieterstrom ist, dass der Betreiber der Stromerzeugungsanlage und der Verbraucher des Stroms personenverschieden sind. Als Stromerzeuger kommen grundsätzlich Wohnungsunternehmen, Wohnungsgenossenschaften oder auch Energiedienstleister (z. B. über Contracting-Lösungen) in Betracht. Mieterstrommodelle eröffnen die Chance, dass die städtische Bevölkerung von der urbanen Energiewende finanziell profitiert und können mithin zur Steigerung der Akzeptanz beitragen.

Die Frage des unmittelbaren räumlichen Zusammenhangs ist dabei umstritten. Bislang wird dies eher eng ausgelegt. Bei weiterer Auslegung und Streichung des Begriffs „unmittelbar“ stellt Mieterstrom aber einen bedeutsamen Aspekt der Quartiersenergie dar (Wild 2017:13). Auch Wärmepumpen in benachbarten Wohngebäuden oder Elektroladesäulen im Quartier könnten diesen Strom dann nutzen.

Um Mieterstrom wirklich zu einer Quartierslösung zu machen, müssten weitere Hemmnisse beseitigt werden. Beispielsweise ist die Beschränkung der Leistung bislang so klein gewählt, dass die Ausstrahlungseffekte in das Quartier zwangsläufig gering sind. Ebenso könnten Mieterstromanlagen auch auf Gewerbegebäuden zugelassen werden, wenn es sich um integrierte Lagen im Quartier handelt.

Ein bereits umgesetztes, innovatives Praxisbeispiel für die energetische Stadterneuerung in einem Bestandsquartier ist das Gründerzeitviertel Brühl in Chemnitz. Es wurde ein Niedertemperatur-Fernwärmenetz installiert, das den Rücklauf eines angrenzenden heißen Fernwärmenetzes nutzt. Gespeist wird das Netz u. a. durch eine neu errichtete Freiflächen-Solarthermieanlage. Durch den Einsatz eines Smart Grid ist das optimierte Management der Gebäudeübergabestationen möglich (VKU 2018). Grundlage für das energetische Konzept ist das städtebauliche, integrierte Handlungskonzept der Stadt für das Gebiet Brühl-Boulevard sowie dessen Förderung aus dem Städtebauförderprogramm „Aktive Stadt- und Ortsteilzentren“. Daneben beteiligt sich der lokale Energieversorger maßgeblich an dem Vorhaben. Der Brühl wird nicht nur energetisch, sondern auch sozialverträglich aufgewertet. In diesem Zusammenhang wird sowohl der Gebäudebestand im Quartier saniert als auch der öffentliche Raum qualifiziert. Der zentral laufende „Boulevard“ wurde zu einer verkehrsberuhigten Zone umgebaut und dadurch als Flanier- und Einkaufsmeile wiederbelebt. Vor den Maßnahmen hatte das Quartier und seine angrenzenden Gebiete rund 80 % Leerstand. Die Transformation der netzgebundenen Infrastruktur (Wärmeversorgung) geht Hand in Hand mit der städtebaulichen Umgestaltung.

3.2 Zum Quartiersbezug weiterer infrastruktureller Handlungsfelder im Kontext von Klima- und Umweltschutz

Quartiere sind die kleinste Einheit für das Bereitstellen städtischer Infrastrukturen. Insofern liegt es nahe, dass das Quartier ähnlich wie bei der energetischen Stadtsanierung

auch für andere infrastrukturelle Handlungsfelder wie Mobilität, Wasser, Stoffstrom- und Abfallmanagement sowie Informations- und Kommunikationstechnologien eine wichtige Handlungsebene darstellt. Die genannten Handlungsfelder werden im Folgenden kurz beschrieben. Ziel dieser kursorischen Abhandlung ist, zu prüfen, inwiefern sie diese Bezüge zur Quartiersebene tatsächlich aufweisen. Erst dann würde das Quartier einen gemeinsamen Referenzraum darstellen. Zugleich wird anhand von beispielhaften Praxisprojekten und Forschungsergebnissen gezeigt, welche Schnittstellen und Wechselwirkungen es zwischen den Infrastruktursektoren gibt und welche Synergiepotenziale sich daraus ergeben.

3.2.1 Mobilität

Die Bezüge des Handlungsfelds Mobilität zum Quartier sind vielfältig. Generell sind es nicht nur die Treibhausgasemissionen, sondern auch der enorme Flächenanspruch für überdimensionierte Straßenräume und den ruhenden Verkehr, die Handlungsbedarfe erzeugen. Zentraler Ansatzpunkt für die Reduzierung des Verkehrsaufkommens sind kompakte Siedlungs- und gemischte Nutzungsstrukturen. Eine Stadt der kurzen Wege fördert den Fuß- und Radverkehr und macht das Automobil entbehrlich. Denn in Städten sind viele Wege unter fünf Kilometer lang und damit prinzipiell gut ohne Auto zurücklegbar (Nobis et al. 2018). Das Quartier ist die natürliche Ebene, in der sich solche Strukturen formell über die verbindliche Bauleitplanung festsetzen (z. B. Festsetzungen zur baulichen Dichte, Nutzungskategorien Mischgebiet oder urbanes Gebiet der Baunutzungsverordnung) und mit informellen Instrumenten untersetzen lassen. Die mit einer hohen baulichen Dichte einhergehende Zahl der Einwohner in einem Quartier ist zudem maßgeblich für ein attraktives ÖPNV-Angebot.

Im Rahmen von Pilotprojekten gibt es immer wieder innovative Mobilitätskonzepte auf Quartiersebene. In der Breite haben sich diese Ansätze bislang aber kaum durchgesetzt. Autofreie oder zumindest autoarme Quartiere leisten nicht nur einen positiven Klimaschutzbeitrag, sie steigern auch die Lebensqualität im Quartier, indem sie den öffentlichen Raum für städtische Nutzungen jenseits des Parkens und Autofahrens nutzbar machen. In der Darmstädter Lincoln-Siedlung wird nun ein neuer Versuch unternommen, das Verkehrsaufkommen im Quartier zu reduzieren. Mit Hilfe einer Stellplatzeinschränkungssatzung wird das private Stellplatzangebot auf 0,65 Stellplätze pro Wohnung beschränkt und mit konsequentem Parkraummanagement kombiniert (Bracher et al. 2019). Auch sogenannte Quartiersgaragen am Rand einer Siedlung können große Teile des Quartiers von ruhendem Verkehr befreien. Als Alternative kann ein umfangreiches Angebot an Fahrradstellplätzen dienen. Nach einem ähnlichen Gedanken wurden in den letzten Jahren auch vermehrt autofreie Wegenetze für Radfahrer und Fußgänger geschaffen, die durch abwechslungsreich gestaltete Grün- und Freiflächen eine hohe Aufenthaltsqualität haben.

Auch Elektromobilität und entsprechende Ladestationen für Elektro-Pkw und Pedelecs im Quartier sind bereits heute Teil innovativer Quartierslösungen. In den zwei Münchener Innenstadtquartieren Isarvorstadt und Ludwigvorstadt beispielsweise wurden in der Nähe von ÖPNV-Haltestellen Elektro-Mobilitätsstationen eingerichtet. Sie bieten Bike- oder Carsharing-Angebote und fördern über neue Informations- und Zugangssysteme die vernetzte Mobilität und den Umstieg vom privaten Pkw auf platzsparendere und umweltfreundlichere Mobilitätsangebote (Bauer et al. 2019). Elektromobilität und Sharing-An-

gebote können klassische Formen des Umweltverbunds wie ÖPNV oder Radverkehrsinfrastruktur nicht ersetzen, sehr wohl aber ergänzen. Bislang ist die Marktdurchdringung der Elektromobilität aber noch gering.

Für die Herausforderungen in der urbanen Logistik, insbesondere hinsichtlich der letzten Meile, wurden im Projekt City2share Mikrodepots erprobt. Pakete werden zu zentralen Depots im Quartier geliefert und von dort mit Lastenrädern (ggf. in Form eines E-Lastenrads) zum Adressaten geliefert. Sie können dazu dienen, Lieferwege in Innenstädten zu bündeln (Lindloff et al. 2018). In Berlin unterstützen die außerhalb der Innenstadt liegenden Bezirke Lichtenberg und Spandau eine klimaschützende Form der wohnortnahen Mobilität, indem sie kostenfrei Lastenfahrräder verleihen (Schindler/Haaser 2018). Finanziert wird die Maßnahme aus dem Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030.

3.2.2 Wasser

Die städtische Abwasserentsorgung bezieht sich auf das Management des anfallenden Niederschlagswassers einerseits und das anfallende Abwasser aus den Haushalten andererseits. Für beide Bereiche ist ein Bedeutungsgewinn der Quartiersebene zu verzeichnen.

Inzwischen ist es weitgehend anerkannt und im Leitbild der wassersensiblen Stadtentwicklung verankert, dass Niederschlagswasser nicht nur aufgefangen und abgeleitet, sondern in naturnahen Flächen zunächst gespeichert und dann nach und nach versickert bzw. verdunstet wird. Um den naturnahen Wasserkreislauf zu schließen, reichen die privaten Flächen auf Grundstücken und ggf. begrünten Dächern nicht aus. Regenwassermanagement muss auf der Quartiersebene über private und öffentliche Flächen hinweg ganzheitlich gedacht werden. Die Berliner Wasserbetriebe haben dafür beispielsweise mit der Regenwasseragentur eine eigene Organisationseinheit geschaffen.

Grünflächen sind nicht nur Aufenthalts- und Kommunikationsorte, die das Stadt- bzw. Quartiersbild verbessern. Ihnen kommen im Zuge der Anpassung an den Klimawandel auch wichtige ökologische und klimatische Funktionen zu. Als grüne Infrastrukturen dienen sie der Regenwasserversickerung, Verdunstung und Kühlung sowie Verschattung in Hitzeperioden. Die klimatischen Effekte von kleinteiligen Begrünungsmaßnahmen auf Dächern oder Fassaden kommen erst wirklich zum Tragen, wenn sie in Größenordnungen auf Quartiersebene umgesetzt werden. Verstärkt werden die Kühlungseffekte noch, wenn grüne und blaue Infrastrukturen (z. B. Teiche) miteinander kombiniert werden. Zugleich bietet diese Form der Kopplung ein Klimaschutzpotenzial, wenn Energiebedarfe für Gebäudekühlung reduziert oder Biomasse für die Energieerzeugung gewonnen werden.

Abwasser ist auch eine Ressource (Bock/Million 2016). Das kommunale Wasserver- und -entsorgungsunternehmen Hamburg Wasser hat im Vorhaben Jenfelder Au unter dem Titel Hamburg Water Cycle ein Konzept umgesetzt, das Abwasserreinigung und Energiegewinnung kombiniert. Schwarzwasser aus der Toilette, Grauwasser vom Duschen und Waschen sowie Regenwasser werden getrennt gesammelt und direkt im Quartier behandelt. Das Schwarzwasser dient als Co-Substrat für eine Biogasanlage, wo mittels biologischer Vergärung Strom und Wärme gewonnen wird. Die Gebäude werden mit der Wärme des Abwassers beheizt.

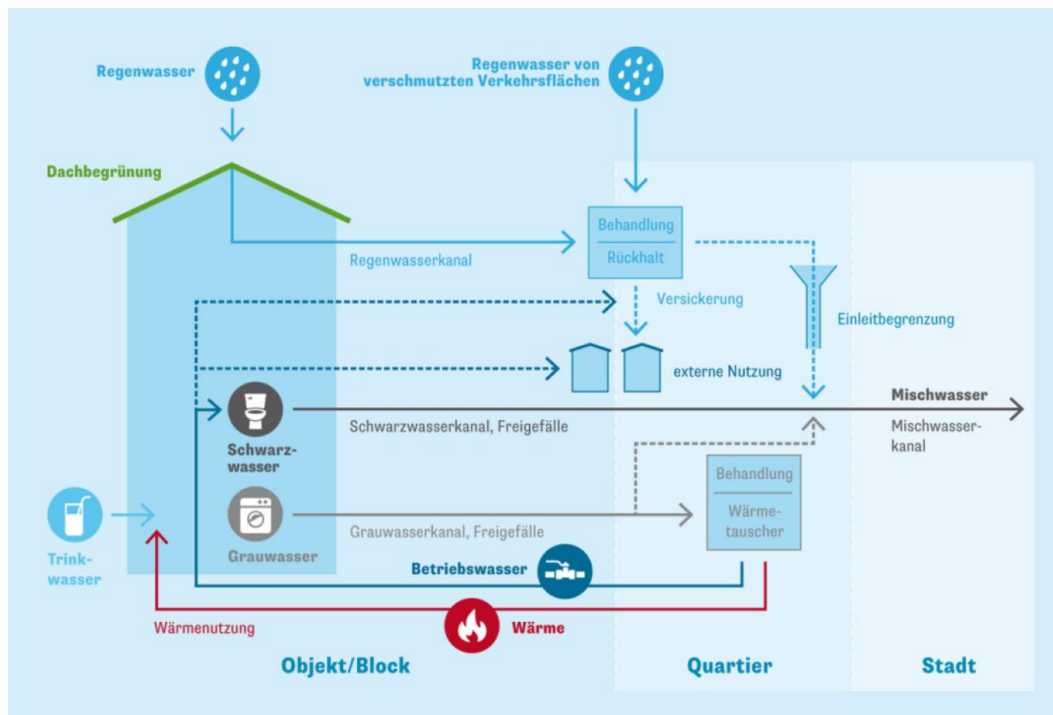


Abb. 9: Schematische Darstellung des Hamburg Water Cycles, Quelle: Winker/Trapp 2017:54

Aber auch konventionelle Abwasserkanäle können eine wichtige Energiequelle darstellen. Mit Wärmetauschern lässt sich die Abwärme aus dem Abwasser gewinnen und für die Wärmeversorgung im Quartier nutzen. Ein Vorteil ist, dass dieses Wärmepotenzial ganzjährig bereitgestellt wird. Das theoretische Abwasserwärmepotenzial liegt laut DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) bei rund 10 % des Wärmebedarfs der Gebäude in Deutschland (Kühn/Jäger 2017). Auch wenn sich dieses Potenzial kaum in dieser Größenordnung nutzen lassen wird, kann es für ausgewählte Quartiere ein wichtiger Teil eines innovativen Wärmeversorgungskonzepts sein. Geeignet sind vor allem solche Quartiere in der Nähe eines Hauptsammlers mit ausreichendem Volumenstrom (z. B. das Berliner Bestandsquartier Klausner).

3.2.3 Stoffstrom- und Abfallmanagement

Ressourcennutzung hat immer einen räumlichen Bezug. Insofern überrascht es nicht, dass vermehrt Konzepte einer ressourceneffizienten Quartiersentwicklung diskutiert werden. Teilweise sind die Bezüge zum Quartier auch eher implizit. Vor Ort werden große Mengen an Ressourcen wie Baustoffe, Nahrungsmittel, Wasser und Energie konsumiert (Verbücheln/Wagner-Endres 2018). Das Quartier eignet sich in vielen Fällen als Handlungsebene um diese Ressourcen- und Stoffströme nachhaltig zu organisieren. Die BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere“ versammelt unter ihrem Dach beispielsweise Themen wie urbanes Baustoffmanagement, Verdichtung und Sanierung von Bestandsquartieren und Optimierungspotenziale bei Sanierung und Verdichtung im Bestand sowie Verzahnung der Stadtentwicklung mit Siedlungswasserwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung grüner Infrastrukturen (BMBF 2019). Flächenschonung und kurze Wege durch Innenentwicklung und Nachverdichtung sind dabei wichtige Aspekte ressourcenschonender Quartiersentwicklung. Bei der Nachverdichtung durch Lückenschließung oder

Aufstockung sollten verstärkt auch nachhaltige Baustoffe wie Holz zur Anwendung kommen (z. B. Prinz Eugen Kaserne in München). Bei der Nachhaltigkeitsbewertung von Baustoffen sind stets die Lebenszyklen von Baumaterialien zu betrachten. Wenn Gebäude heute neu gebaut werden, werden sie in dieser Form viele Jahrzehnte Bestand haben. Sie müssen also schon heute nicht nur energetische sondern auch ökologische und ästhetische Standards von Morgen erfüllen. Ein neuer Ansatz sind serielle Bauweisen für die energetische Sanierung auf Quartiersebene, die unter dem Titel Energiesprung derzeit in den Niederlanden zur Anwendung kommen (Kahlenborn et al. 2019).

Ein bereits umgesetztes Beispiel für eine ressourceneffiziente Quartiersentwicklung ist Hammarby Sjöstad in Stockholm (Schweden). Ziel bei der Entwicklung dieses Konversionsstandorts mit ca. 28.000 Einwohnern war es, durch die Optimierung der Stoffkreisläufe den Ressourcenbedarf des Quartiers zu halbieren. Die städtischen Infrastrukturbetreiber waren dazu aufgefordert, die Stoffströme Abfall, Wasser und Energie systemübergreifend zu betrachten und aufeinander zu beziehen. Wo möglich sind so weitestgehend geschlossene Stoffkreisläufe entstanden. Der Energiebedarf im Quartier wird zu einem großen Teil aus erneuerbaren Energien gedeckt, die vor Ort gewonnen werden (Verbücheln/Wagner-Endres 2018).

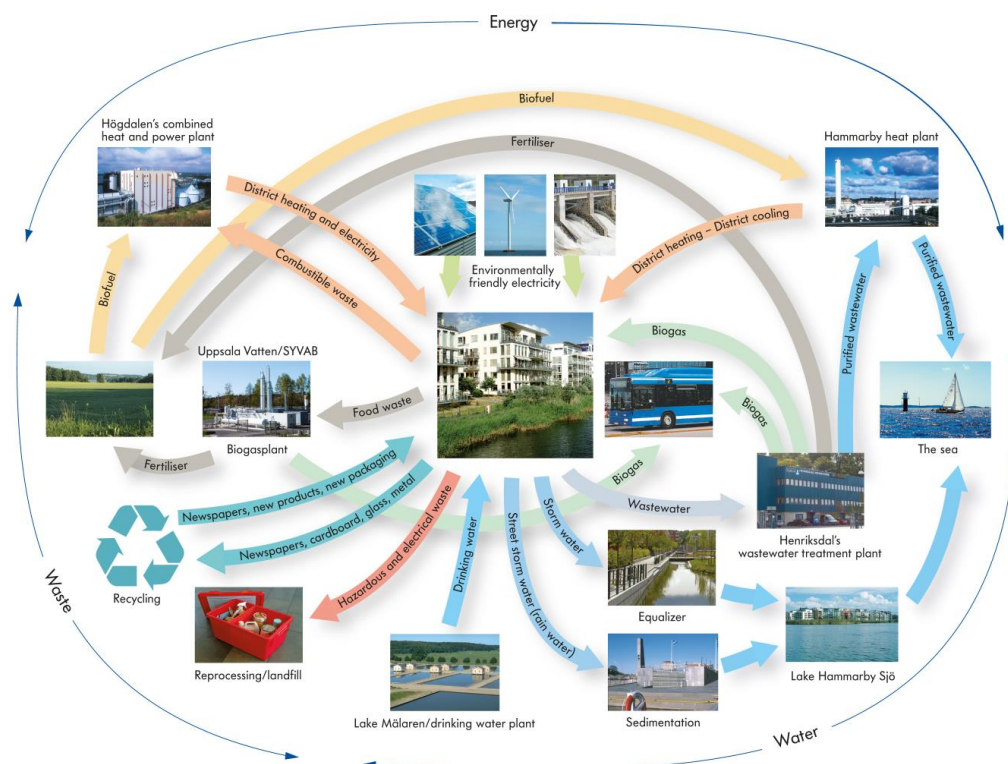


Abb. 10: Modell des integrierten Managements von Energie, Abfall und Wasser in Hammarby Sjöstad (Illustration: Lena Wettrén/Bumling), Quelle: Verbücheln/Wagner-Endres 2018

Auch aus der seit Jahrzehnten etablierten Abfallpyramide (Vermeiden, Wiederverwenden, stoffliches Recycling, thermisches Recycling, Deponieren) heraus bestehen Bezüge

zum Quartier. Müll zu vermeiden, ist die einfachste Form, Energie zu sparen. Wiederverwendung kann auch ein belebender Aspekt für das Quartiersleben sein, wenn man etwa an Büchertelefonzellen denkt, die dem Tausch gelesener oder aussortierter Bücher dienen. Schließlich stellt auch die Müllverbrennung eine fest etablierte Form der Kopplung zwischen Abfallsektor und Energie dar. Zwar kann sie der Versorgung einzelner Quartiere dienen, wird in der Regel aber großstädtisch betrachtet und in das städtische Fernwärmenetz und Stromverteilnetze eingespeist. Der Versorgung des Neubauquartiers Bahnstadt in Heidelberg dient ein BHKW, das biogenen Abfall (Altholz) aus der Region nutzt.

3.2.4 Informations- und Kommunikationstechnologien

Die rasante Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in den vergangenen zwei Jahrzehnten ist eine Triebfeder für die Integration verschiedener Infrastrukturbereiche und für intelligente Lösungen in ganz unterschiedlichen Bereichen der Stadtentwicklung (z. B. Infrastruktur, Gebäude, Mobilität, Dienstleistungen oder Sicherheit). An diesen mittels IKT steuerbaren Schnittstellen ergeben sich neue Ansatzpunkte für die Transformation urbaner Infrastrukturen. Vorhandene Datenpools der Städte lassen sich heute ebenso wie Infrastrukturen in einer Art und Weise miteinander vernetzen, wie es vor kurzem undenkbar erschien. Die intelligente Kopplung und Steuerung bietet im Grundsatz Potenziale für höhere Energie- und Ressourceneffizienz, für eine verbesserte wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit sowie für höheren Komfort und verändertes Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer (Matern 2017:155, Soike/Libbe 2018:3). Diese neuen Kopplungen auf der Basis von IKT-Lösungen sind aber auch „hinsichtlich ihrer Akteurskonstellationen und ihrer intersektoralen Koordinationsbedarfe“ (Matern 2017: 151) komplexer.

Insbesondere im Energiebereich hat IKT inzwischen eine große Bedeutung für die Verknüpfung verschiedener Teilsysteme. So z. B. die Kombination verschiedener Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien. IKT-basierte Mess-, Steuerungs- und Regelungstechniken sowie Smart Grids ermöglichen erst die Kombination dezentraler Erzeugungseinheiten und die Rückkopplung mit den Versorgungsnetzen hinsichtlich dezentraler Einspeisung in die Strom- bzw. Wärmenetze oder Versorgungsbedarfen aus den Netzen. Sogenannte virtuelle Kraftwerke können mittels der Nutzung von IKT Erzeugungs- und Bedarfsschwankungen im Stromnetz ausgleichen.

Auch im Mobilitätsbereich hinterlassen IKT ihre Spuren. Zu denken ist beispielsweise an Parkleietfunktionen und Verkehrszählungssensoren oder auch an das Management von Fuhrparks und Sharing-Angeboten über Apps.

Viele dieser Anwendungsbeispiele sind insbesondere für das Quartier relevant. Smart Neighbourhoods oder Smart Districts haben sich daher auch begrifflich fest etabliert und stehen räumlich zwischen gebäude- oder gar wohnungsbezogenen Anwendungen (Smart Homes, Smart Buildings) und gesamtstädtischen Smart City-Strategien.

Mit der steigenden Verbreitung des mobilen Internets über Smartphones und deren Apps beeinflusst IKT aber auch das Zusammenleben im Quartier. Unterschiedliche Trends zeichnen sich ab. Einerseits könnten die Möglichkeiten virtueller Treffpunkte im Internet und Online-Bestellungen zur Abnahme von Sozialkontakten führen. Andererseits bieten Nachbarschaftsportale (z. B. nebenan.de) neue Chancen für die Organisation des sozialen Miteinanders und nachbarschaftliche Hilfe. Digitale Vernetzung kann auch zur Stärkung

des Gemeinwohls und optimierte Nutzung von Flächen und Infrastrukturen beitragen, wenn spezifische Angebote eines Gebäudes mit Nachbargebäuden geteilt bzw. getauscht werden (z. B. Pocket Mannerhatten in Wien)

4 Synthese - das Quartier als Infrastrukturverbund

Das Quartier ist nicht nur für die energetische Stadtsanierung, sondern auch für weitere infrastrukturelle Handlungsfelder eine wichtige Handlungsebene. Als gemeinsamer Bezugsraum kann es somit prinzipiell auch der integrierten Betrachtung verschiedener Infrastruktursysteme dienen. Wie die vorangegangenen Ausführungen anhand verschiedener Beispiele gezeigt haben, bestehen vielfältige Wechselbeziehungen und Synergiepotenziale zwischen den infrastrukturellen Handlungsfeldern. Die Quartiersebene bietet sich demnach auch als „strategisch-konzeptioneller Knotenpunkt“ für einen Infrastrukturverbund an.

Der Begriff „Infrastrukturverbund“ impliziert sowohl eine technische wie auch organisatorische Dimension unter Beachtung der jeweiligen räumlichen Gegebenheiten. Der gebietsbezogene Ansatz erlaubt es, innovative technische Lösungen passgenau auf die lokalen Bedarfe und Potenziale zuzuschneiden und mit geeigneten Organisations- und Kooperationsmodellen zu kombinieren, die das Zusammenwirken der Vielzahl an Akteuren im Quartier ermöglichen bzw. erleichtern. Beide Blickrichtungen auf einen Infrastrukturverbund im Quartier werden im Folgenden in ersten Ansätzen skizziert. Aufgabe zukünftiger Forschungsarbeiten wird es sein, diese Zukunftsbilder weiter zu untersetzen und auf konkrete Räume zu beziehen.

Innovative technische Verbundkonzepte auf Quartiersebene können als Kristallisationskerne für die städtische Energie- und Ressourcenwende wirken. Sie erlauben es, spezifisch zugeschnitten auf die jeweiligen Gebäude- und Infrastrukturbestände und die Flächenpotenziale vor Ort die optimale Kombination zwischen Strategien der Gebäudemodernisierung bzw. hohen energetischen Standards im Neubau und verschiedenen vornehmlich lokalen Energiequellen und auszuloten. Angesichts der beschriebenen Flächenrestriktionen, sind verstärkt multiple Nutzungen städtischer Flächen wie Parkplätze, Dächer und Fassaden in den Blick zu nehmen, etwa für die Erzeugung von Solarstrom (Quénéhervé 2018:115). Dezentrale regenerative Energieerzeuger, Speicheroptionen und Verteilnetze für Strom, Wärme und Gas werden mittels Smart Grids und IKT intelligent gesteuert. Lademöglichkeiten für Elektrofahrzeuge (Pkw, Fahrräder) sind integraler Bestandteil von Quartierslösungen. Gleichzeitig müssen auch Wege gefunden werden, die Belastungen durch den Autoverkehr im Quartier zu reduzieren und die Lebensqualität für Bewohnerinnen und Bewohner zu erhöhen.

Der sich aus den Klimaschutzzielen ergebende Handlungsdruck, alle sich bietenden Potenziale nutzen zu müssen, impliziert die gezielte Suche nach Systeminnovationen. Dazu gehört, Schnittstellen zu anderen infrastrukturellen Handlungsfeldern für die urbane Energiewende zu aktivieren. In Betracht kommen Abwärmepotenziale aus den Abwassernetzen, aus benachbarten Industriebetrieben oder gewerblichen Einrichtungen (z. B. Serverzentren) aber auch lokale Ressourcenströme wie biogene Abfälle oder Substrate aus dem Schwarzwasser.

Ein solcher Ansatz, für den Quartiere als Handlungsebene prädestiniert sind, folgt einer kleinräumigen „zellulären“ Versorgungsphilosophie, bei der vielfältige, lokal verfügbare

Energieträger zu einem Puzzle zusammengesetzt und intelligent gesteuert werden (Libbe/Petschow 2017, Holthuizen et al. 2018:87). In der Regel weisen solcherart versorgte Quartiere ein höheres Maß an Autonomie auf. Da sie aber in der Regel weiterhin über großräumige Strom- und Wärmenetze verbunden sind, bleibt die Versorgungssicherheit gewährleistet.

Weitere Innovationen an der Schnittstelle verschiedener Handlungsfelder sind auf ihre Einsetzbarkeit in der Praxis zu prüfen. So z. B. Niedertemperatur-Wärme-Kälte-Netze, die Nutzung von Gebäuden und Fahrzeugen als Puffer für die schwankende Bereitstellung erneuerbaren Stroms oder auch die Kopplung grüner und blauer Infrastrukturen für die Annäherung an einen naturnahen städtischen Wasserkreislauf und klimaresiliente Siedlungsstrukturen. Ungeachtet der Vielzahl innovativer Technologien für Klima- und Umweltschutz, bleibt die an der Lebensqualität der Bewohnerinnen und Bewohner orientierte integrierte Stadtentwicklung der Maßstab des Handelns.

In organisatorischer Hinsicht baut das Quartier als Infrastrukturverbund vermehrt auf neue Kooperationsmodelle und Selbststeuerungspotenziale. Die Kommune - in enger Abstimmung mit ihren kommunalen Unternehmen - hat dabei weiterhin eine wichtige Koordinierungsfunktion inne. Die anhand der energetischen Stadterneuerung dargelegten organisatorischen Potenziale können als Ausgangspunkt auch für die Überlegungen des Schnittstellenmanagements im erweiterten Kontext verschiedener Infrastruktursysteme herangezogen werden.

Das Erfordernis der strategischen Abstimmung zwischen verschiedenen Infrastrukturbetreibern stellt sich verstärkt, wenn Verkehrsbetriebe und andere Mobilitätsanbieter, Stadtentwässerung, Abfallbetriebe und Experten für Smart City hinzukommen. Gerade angesichts dieser Komplexität kann das Quartier ein Experimentierraum sein, in dem neue Konzepte sowie Betreiber- und Geschäftsmodelle entwickelt und erprobt werden.

Zudem sind neue Formate für Planungsprozesse erforderlich, die Mitgestaltungsmöglichkeiten für Wohnungsunternehmen und Immobilieneigentümer aus dem Quartier eröffnen. Sie sind nicht nur für die energetische Sanierung, sondern auch für andere Infrastrukturbereiche wichtige Akteursgruppen (z. B. die Installation von Ladepunkten, Installation von Trennsystemen für die Abwasseraufbereitung, Versickerung von Regenwasser auf ihren Grundstücken, Einrichten von Recyclingräumen im Quartier, etc.).

Insbesondere im Zusammenhang mit energetischen Aspekten sind dabei verstärkt Ansätze in den Blick zu nehmen, die die wirtschaftliche und finanzielle Teilhabe der Bevölkerung stärken (z. B. Prosuming). Darüber hinaus bleiben quartiersbezogene Kommunikationsstrategien relevant, weil sie sich auch auf andere Lebenszusammenhänge wie ein verändertes Mobilitäts- oder Konsumverhalten beziehen lassen.

Infrastrukturelle Verknüpfungen werden in der Wissenschaft schon seit einigen Jahren unter den Stichworten gekoppelte Infrastrukturen (Libbe 2017) oder Nexus-Debatte (Monstadt/Coutard 2019) diskutiert. Unter gekoppelten Infrastrukturen wird die Interaktion bzw. Dependenz von mindestens zwei Infrastruktursystemen verstanden. Zunächst geht es um die Verbindung zwischen verschiedenen Infrastruktursektoren (z. B. Energie-Wasser-Abfall). Im Weiteren geht es damit auch die Kopplung von Infrastrukturteilsystemen gemeint, beispielsweise Strom und Wärme im Rahmen der Kraft-Wärme-Kopplung (innersektorale Kopplung) oder auch die Faulgasgewinnung auf der Kläranlage mit Verwertung zur Stromerzeugung. Noch spezifischer ist die Kopplung innerhalb eines Teilsektors,

etwa von Anlagen der Stromerzeugung und Anlagen der Stromspeicherung. Auch Teilsektoren verschiedener Infrastrukturen können miteinander gekoppelt sein, etwa bei direkt-elektrischen Antrieben (Libbe 2017). Die Kopplungen und damit die Interdependenzen können unterschiedlich tief ausgeprägt sein. So lassen sich beispielsweise starke Kopplungen im Sinne funktionaler Abhängigkeiten von losen Kopplungen im Sinne von kooperativen Verbindungen und einer Synergieentwicklung unterscheiden (Libbe/Petschow 2017).

Allerdings wurden räumliche Aspekte bei der Debatte um gekoppelte Infrastrukturen bislang eher vernachlässigt. Die vorliegende Untersuchung deutet daraufhin, dass das Quartier eine geeignete Maßstabsebene für die technische und organisatorische Kopplung von Infrastrukturen sein kann. An der Frage, wie diese Kopplungen konkret technisch, organisatorisch und institutionell auszugestalten und welche Quartiere dafür geeignet sind, tut sich weiterer Forschungsbedarf auf.

In der Stadtentwicklungspraxis spielt der Verbund verschiedener technischer Infrastrukturen bislang eine untergeordnete Rolle. Die in dieser Untersuchung dargestellten Beispiele haben eher pilothaften Charakter und werden auch begrifflich in der Regel nicht als „Infrastrukturverbund“ gefasst. Matern/Schmidt (2015:77) stellen dazu fest: „Für eine strategische Auseinandersetzung mit intersektoralen Verknüpfungen erscheint es zukünftig wichtig, sektorale Denk- und Handlungsmuster zu überwinden und deren Entwicklung als Aufgabe für städtische Akteure zu definieren, was bis heute selbst in umweltpolitisch progressiven Städten nicht erfolgt. In einzelnen Städten lassen sich erste Ansätze innovationsorientierter, intersektoraler Planung erkennen. Allerdings benötigen diese staatlich motivierten Steuerungsformen neben strategischen Akteuren stadtspezifisch günstige Transformationsbedingungen, wie Stadtwachstum, ein umweltorientiertes Milieu sowie eine günstige Haushaltssituation.“

Bemerkenswert ist in dieser Hinsicht eine Kooperation von sechs großen Infrastrukturunternehmen in Berlin. Unter dem Titel InfraLab Berlin haben der Abfallentsorger BSR, die Berliner Verkehrsbetriebe BVG, die Berliner Wasserbetriebe sowie GASAG, Vattenfall Wärme und Veolia einen Ort für Experimente und die Suche nach Transformationspfaden hin zu einem nachhaltigen Berlin gegründet (vgl. InfraLab Berlin e. V. 2017). Möglicherweise ist dies ein Einstieg für die verstärkte Betrachtung infrastruktureller Kopplungen im Sinne eines Infrastrukturverbunds im Quartiersmaßstab auch in der kommunalen Praxis.

4.1 Herausforderungen bei der Kopplung von Infrastrukturen auf Quartiersebene in Bezug auf Klima- und Umweltschutz

Wie skizziert liegen in der Verknüpfung verschiedener infrastruktureller Handlungsfelder spezifische Potenziale für die urbane Energie- und Ressourcenwende. Sie führen in technischer und organisatorischer Hinsicht zu neuen Systemlösungen, die auf Quartiersebene erprobt werden können und bei Erfolg einen Beitrag zu gesamtstädtischen bzw. stadtreionalen Transformationsprozessen leisten können. Zusammengefasst lassen sich durch die integrierte Betrachtung von Wärme, Strom und weiteren Stoffströmen sowie Mobilität Leistungsbereitstellung und Nachfrage bei nach wie vor stabiler Versorgung besser aufeinander abstimmen. Die Ressourceneffizienz erhöht sich und Umweltbelastungen werden

gemindert. Es sind weniger große Reservekapazitäten erforderlich und die Volatilität erneuerbarer Energien kann im Infrastrukturverbund besser aufgefangen werden. Durch die Kopplung verschiedener Infrastrukturen vergrößern sich die Optionen für das Lastmanagement in Abhängigkeit von der Situation auf dem Strommarkt. Die Diversifizierung der Erzeugungsstruktur und die Diversität der Energiequellen reduziert die Abhängigkeit von nur einer bzw. wenigen Großanlagen und steigert in der Summe die Widerstandsfähigkeit. Eventuelle Ausfälle führen nicht zum Zusammenbruch des gesamten Systems.

Gleichzeitig werfen infrastrukturelle Kopplungen neue Fragen und Herausforderungen auf. Teilweise stehen den beschriebenen Potenzialen auch Nachteile oder Zielkonflikte gegenüber. Das Zukunftsbild des Quartiers als Infrastrukturverbund wird in diesem Abschnitt einer kritischen Reflektion unterzogen.

Etablierte Infrastruktursysteme sind in der Regel nur schwer zu verändern. Die Transformation von Infrastrukturen erweist sich aus vielerlei Gründen als anspruchsvoll. Neben der technischen Komplexität und den bestehenden Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen Infrastruktursektoren – auch innerhalb eines Sektors zwischen Teilsystemen – ist die schiere Größe bzw. der große Bestand an Infrastruktur ein wichtiger Faktor, denn dahinter stehen Anlagevermögen und Kosten. Auch aus der Historie technisch-wirtschaftlicher Entwicklungen und damit verbundener institutioneller Konfigurationen ergeben sich Beharrungskräfte (Libbe 2015). Die Entscheidung für eine bestimmte Infrastrukturgestalt, die zu Beginn getroffen wird, ist höchst relevant für die weitere Entwicklung. Ursächlich hierfür sind nicht zuletzt die hohen Startkosten, die aufzuwenden sind, um einen bestimmten infrastrukturellen Entwicklungspfad einschlagen zu können. Technische, ökonomische und ebenso mentale Pfadabhängigkeiten sind für Infrastrukturen kennzeichnend.

Das Verlassen eines einmal eingeschlagenen Pfads ist aufgrund von „Verriegelungseffekten“ („lock-in“ Effekte) zusätzlich erschwert, da Anlagenhersteller, Infrastrukturbetreiber, wie auch die Nutzerinnen und Nutzer den Umgang der Infrastruktur formalisiert und habitualisiert haben“ (Libbe et al. 2018, S. 37). Mit anderen Worten: Verbraucherinnen und Verbraucher gewöhnen sich an erreichte Qualitätsstandards von Ver- und Entsorgungsleistungen. Zugleich üben sie im täglichen Gebrauch Routinen in der Nutzung von Infrastrukturen ein (van Laak 2008). Trotz dieser Hemmnisse kann ein Transformationspfad auch verlassen werden, sofern es kraftvolle Alternativen gibt und ein System in Widerspruch zu gesellschaftlichen Zielstellungen gerät (Libbe 2015).

Durch die Kopplung verschiedener Infrastruktursysteme nimmt die Komplexität zu. Neue unbekannte Konstellationen können entstehen. Dies ist nicht per se gut oder schlecht, erfordert aber bei Störungen oder Extremereignissen resiliente Systeme. Wichtig ist dabei nicht nur die Widerstandsfähigkeit, sondern auch die Lernfähigkeit und Handlungskapazität von Systemen.

Bei der Kopplung mehrerer infrastruktureller Handlungsfelder müssen auch die jeweils unterschiedlichen Handlungslogiken der Akteure und institutionellen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Unter Umständen gibt es Rechtsvorschriften, die die Betätigung in anderen infrastrukturellen Handlungsfeldern erschweren. Ureigenes Interesse von Wohnungsunternehmen ist es beispielsweise, Wohnraum zu mehr oder weniger günstigen Preisen bereitzustellen. Für Abwasserentsorger ist es die effiziente und hygienisch einwandfreie Entsorgung anfallender Abwasserströme. Klimaschutzaspekte sind in der

Regel zweitrangig und werden seitens der Entscheidungsträger im Unternehmen auf entgegenstehende Belange aus dem Haupttätigkeitsfeld abgeprüft. Für Wohnungsunternehmen ist es die Bezahlbarkeit der Wohnungen, Abwasserentsorger müssen auf eine spezifische Temperatur der Stoffströme in der Kläranlage achten, damit die biologischen Prozesse dort optimal funktionieren. Die Zustimmung zur Nutzung der Abwärme für die Wärmeversorgung durch Dritte wird nur unter diesem Vorbehalt gestattet werden. Wohnungsunternehmen riskieren ihr Steuerprivileg in dem Moment, in dem sie mittels einer PV-Anlage auf dem Dach ihres Gebäudes Strom erzeugen und diesen in das öffentliche Netz einspeisen.

Dies verdeutlicht, dass das Handeln von Akteuren im Quartier immer auch von ihrem jeweiligen institutionellen Rahmen abhängig ist. Rechtliche Vorgaben oder ökonomische Gründe, aber auch eingeübte Routinen und Wertevorstellungen in den jeweiligen Sektoren prägen das Akteurshandeln und verkomplizieren u. U. infrastrukturelle Kopplungen.

Noch im Forschungsstadium sind Technologien, in denen Gebäude oder Fahrzeugparks selbst steuerbare Lasten innerhalb des Stromsystems sind und wie kleine dezentrale Pufferspeicher funktionieren. Ist viel erneuerbarer Strom im Angebot, beziehen sie diesen für elektrische Anwendungen oder das Aufladen der Fahrzeugbatterie, in Zeiten eines geringen Angebots können sie andersherum selbst zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen. Allerdings wachsen bei solchen Kopplungen auch die Abhängigkeiten vom Stromnetz (Kunz/Wenzel 2016). Es stellt sich die Frage, ob im Extremfall die Stromversorgung der Haushalte unterbrochen oder die Nutzung eines Elektromobils unmöglich ist. Ob sich diese Formen der Sektorkopplung dauerhaft durchsetzen, wird sich auch an solchen Fragen der Resilienz entscheiden.

Gewerbliche oder industrielle Abwärme stellen zwar ein wichtiges Potenzial dar, ihre dauerhafte Bereitstellung ist aber nicht gewährleistet. Im Falle eines Umzugs, einer Schließung oder auch eines nur vorübergehenden Produktionsstopps entfallen die entsprechenden Wärmemengen. Auch in diesem Fall sind redundante Systeme erforderlich, die bei einem Ausfall anderweitig die Ersatzleistung bereitstellen.

Mehr oder weniger autarke Quartierslösungen haben Auswirkungen auf das Gesamtsystem. Wenn sich Quartiere autark versorgen, sinkt die Auslastung übergeordneter Systeme (z. B. zentrale Erzeugungsanlagen und Fernwärmenetze) entsprechend. Mit zunehmendem Maße, indem dies geschieht, sinkt die Wirtschaftlichkeit dieser Systeme, was Auswirkungen auf die flächendeckende Versorgungssicherheit haben kann. Gleichzeitig benötigen Quartierslösungen übergeordnete Netze als Back-up-Option im Falle eines Systemausfalls oder bei besonders hohen Bedarfen.

Das Wechselspiel zwischen Quartier und Gesamtstadt ist noch aus einem weiteren Grund relevant. Der Fokus auf das Quartier darf nicht dazu führen, dass übergeordnete Zielvorstellungen aus dem Blick geraten. Die bundesdeutschen Klimaschutzziele müssen über die gesamtstädtische Ebene so vermittelt werden, dass sie auch für die Quartiersebene Maßstab des Handelns sind. Insofern sind beispielsweise im Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung Zielvorgaben für einzelne Quartiere zu entwickeln und untereinander abzustimmen.

4.2 Quartierstypen und ihre spezifischen Potenziale

Grundsätzlich müssen für die Erreichung der Klimaschutzziele alle sich bietenden Potenziale genutzt werden. Dies bedeutet, dass alle Quartiere sukzessive im Einklang mit diesen Zielen energetisch umgebaut werden müssen. Gleichwohl gibt es Anhaltspunkte die für die Priorisierung der zeitlichen Reihenfolge, in der Quartiere angefasst werden, in Frage kommen.

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass energetische Sanierungen nur dann stattfinden, wenn ohnehin Investitionen in die Bestände geplant sind (Weiß et al. 2018b:12). Eine energetische Sanierung entgegen des Sanierungszyklus ist äußerst ungewöhnlich. Entsprechend sind für eine gesonderte Begleitung, z. B. in Form der Erarbeitung eines energetischen Quartierskonzepts, vor allem diejenigen Quartiere in den Blick zu nehmen, wo Investitionsbereitschaft seitens der Immobilieneigentümer und Infrastrukturbetreiber besteht. Ein günstiges Zeitfenster für energetische Beratungen kann z. B. ein Eigentümerwechsel sein (Stieß et al. 2010:7, Weiß et al. 2018b:11).

Die Komplexität des energetischen Umbaus und mithin die spezifischen Herausforderungen können sich von Quartier zu Quartier stark unterscheiden. Für Neubauquartiere sind die ordnungsrechtlichen Vorgaben hinsichtlich der energetischen Standards vergleichsweise hoch. Zudem besteht die Möglichkeit, dass Kommunen über Bebauungspläne oder städtebaulich Verträge weitere energiebezogene Vorgaben machen. Ferner lassen sich bei Neubauvorhaben, die Wärmeversorgungsinfrastrukturen optimal nach dem Wärmebedarf auslegen. So sind innovative technische Lösungen wie Wärmenetze mit niedrigen Systemtemperaturen und die Einspeisung erneuerbarer Energien ohne weiteres denkbar. Somit bieten Neubauvorhaben insgesamt günstige Voraussetzungen für innovative Quartierslösungen.

Im Vergleich ist die Entwicklung im Bestand deutlich anspruchsvoller, weil Infrastrukturen und Gebäude bereits gebaut sind. Bestimmte bauliche Anforderungen oder Amortisationszeiträume für Investitionen sind damit gegeben und müssen berücksichtigt werden. Auch Weichenstellungen für zentrale oder dezentrale Wärmeversorgungslösungen oder Betriebstemperaturen sind bereits erfolgt und nur schwer zu ändern. Grenzen Bestandsquartiere an Neubauplänen, kann es eine interessante Option sein, eine gemeinsame Versorgungsoption zu entwickeln. Beispielsweise hat die Stadt München für ein so zugeschnittenes Quartier in Neu-Aubing ein energetisches Quartierskonzept erarbeitet.

Die Begleitforschung zur energetischen Stadtsanierung unterscheidet neben den Quartieren, die nach 1990 entstanden sind, folgende Quartierstypen (BMUB 2017):

- Historischer Stadtkern
- Quartiere der Gründerzeit
- Einfamilienhaus- und Reihenhaussiedlungen unterschiedlichen Baualters
- Siedlungen der 1950er und frühen 1960er Jahren
- Großwohnsiedlungen der 1960er bis 1980er Jahre

Eine weitere Differenzierung betrifft die bauliche Dichte und damit die Möglichkeit netzbasierter Wärmeversorgung. Wärmenetze erleichtern die Integration erneuerbarer Energien, gleichzeitig können die Flächenpotenziale für Erzeugungsanlagen oder Energiespeicher aber gerade in verdichteten Innenstädten begrenzt sein. Andere Siedlungsformen

wie Ein- und Zweifamilienhäuser werden auch langfristig dezentral versorgt werden. Interessant sind sogenannte Netzrandgebiete, die an der Schnittstelle zwischen verdichteten und weniger verdichteten Bereichen einer Stadt liegen. Hier kommen grundsätzlich sowohl zentrale als auch dezentrale Versorgungslösungen in Betracht.

Für die energetische Sanierung sind aber nicht nur Wohn- und Mischquartiere, sondern auch Gewerbegebiete und Industrieareale in den Blick zu nehmen. Angesichts häufigerer Eigentumswechsel gelten, Büro- oder Gewerbegebäude als relativ dynamische Bestände. Häufig werden nach einem Eigentümerwechsel Maßnahmen an der Fassade vorgenommen. Dies bietet grundsätzlich auch einen potenziellen Anlass für energetische Sanierungen. Bei industriellen Prozessen und in bestimmten gewerblichen Nutzungen wie Rechenzentren werden häufig große Mengen Wärme freigesetzt. Zu prüfen ist dabei stets, ob diese ohnehin entstehende Wärme im Gebiet selbst oder in benachbarten Quartieren genutzt werden kann.

Wie homogen bzw. heterogen die Eigentümerstruktur eines Quartiers ist, hat erhebliche Auswirkungen auf den Koordinationsaufwand. Insbesondere bei Bestandsquartieren mit heterogenen baulichen Strukturen und Eigentümerstrukturen sind die quartiersbezogenen Umbauprozesse langwierig und mit erheblichem Koordinierungsaufwand verbunden (Riechel et al. 2016:6).

Zusammenfassend gibt es Rahmenbedingungen, die eine zügige Umsetzung begünstigen. Günstig sind relativ homogene Gebäudetypen im Quartier und einheitliche Sanierungszyklen (Heizungsanlagen und Gebäudehülle). Auch eine homogene Eigentümerstruktur wirkt vereinfachend. Viele der heute bekannten und bereits umgesetzten Modellprojekte für den Quartiersansatz wurden von wenigen oder gar nur einem Wohnungsunternehmen in Zusammenarbeit mit den Infrastrukturbetreibern umgesetzt (z. B. Märkisches Viertel in Berlin).

Auch in Quartieren mit relativ vielen Eigentümern, können innovative Wärmenetze möglich sein, wenn es einen "Ankernutzer" mit einem relativ hohen Wärmebedarf gibt. Dies kann ein einzelnes Wohnungsunternehmen mit einem großen Wohnungsbestand sein oder auch eine große soziale Einrichtung wie ein Krankenhaus oder eine Schule. Ausgehend von einem solchen Kristallisationskern lässt sich eine innovative Wärmeversorgungslösung entwickeln, die auch benachbarte Gebäude einbezieht. In einem solchen zellulären Ansatz (vgl. Holthuisen et al. 2018:87) kann das Inselnetz sukzessive und je nach Interesse der anderen Eigentümer wachsen. Gerade in der Kombination unterschiedlicher Nutzungen kann auch ein Vorteil liegen. Der Wärmebedarf einer Schule und der von Wohngebäuden verhalten sich tendenziell komplementär. Dies kann bei der Auslegung der Anlagen berücksichtigt werden.

4.3 Maßnahmen zur verbesserten Nutzung der Synergien auf Quartiersebene

Trotz der bestehenden Potenziale und der wachsenden allgemeinen Anerkennung der Bedeutung der Handlungsebene Quartier ist sie in der Praxis noch nicht hinreichend in Wert gesetzt und entsprechend instrumentell unterfüttert. Weder Ordnungsrecht noch Förderung und auch nicht kommunikative und beratende Instrumente sind konsequent auf die Quartiersebene ausgerichtet. Im Folgenden werden Vorschläge zur Stärkung der Quartiersebene gemacht. Dafür müssen immer noch stark verbreitete sektorale Denk-

und Handlungsmuster überwunden werden. Der in der Leipzig-Charta im Jahr 2007 manifestierte Ansatz der integrierten Stadtentwicklungspolitik muss für den energetischen und ressourceneffizienten Umbau der Städte die Richtschnur sein. Er trägt den vielfachen Anforderungen an den Raum und den komplexen Herausforderungen, vor denen Städte stehen, Rechnung und ist die Antwort auf die Notwendigkeit eines integrierten Managements konzeptioneller Politik.

1. Quartierslösungen fördern

Der Status Quo der Förderung für Quartierslösungen reicht nicht aus. Teils bestehen zwar Ansätze für die Förderung von Quartierslösungen, sie sind aber verstreut und teilweise in ihren Förderbedingungen so spezifisch, dass sie in die Praxis nicht vollumfänglich genutzt werden. Erforderlich ist eine Umsetzungsoffensive mit deutlich höheren Fördersätzen. Dabei müssen auch die Verknüpfungen zwischen konzeptioneller und investiver Förderung gestärkt werden. Beispielsweise sollte es bei bestehenden Quartierskonzepten einen Förderbonus für daraus abgeleitete investive Maßnahmen geben. Ebenso muss bei entsprechender konzeptioneller Grundlage die Möglichkeit bestehen, verschiedene Fördertöpfe zu kombinieren.

Die Quartiersebene wird zwar konzeptionell durch die KfW-Förderung 432 bedient, sie ist aber in der Investitionsförderung bislang nicht ausreichend abgebildet. Werden Investitionsmaßnahmen aus dem Quartierszusammenhang heraus entwickelt, verdient dies eine zusätzliche Förderung, weil sichergestellt ist, dass Synergien erfasst und mögliche Inkonsistenzen zwischen verschiedenen Maßnahmen ausgeschlossen sind. Dies ist im Antragsverfahren mit einem Quartierskonzept nachzuweisen.

2. Dezentrale Erzeugung und Nutzung von Strom und Wärme im Quartier unterstützen

Auch in städtischen Quartieren müssen alle sich bietenden Potenziale genutzt werden. Im Quartiersmaßstab sind diese angesichts begrenzter Flächen für Erzeugungsanlagen häufig relativ kleinteilige Erzeugungspotenziale für Strom und Wärme und vielfältige Abwärmepotenziale. Aufgrund ihrer baulichen Dichte sind viele Quartiere prädestiniert für Wärmenetze, die diese Potenziale integrieren. Daraus lassen sich innovative Versorgungslösungen entwickeln. Bestehende Hemmnisse, etwa bei der dezentralen Stromerzeugung im urbanen Kontext sollten dafür beseitigt werden. Beispielsweise sollten Mieterstrommodelle auf den Quartierszusammenhang ausgeweitet werden.

3. Quartiere ordnungspolitisch stärken

Der aktuelle Referentenentwurf des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) (BMWi 2019b) von Mai 2019 (BMWi) ist ein wesentlicher Schritt nach vorn hinsichtlich der ordnungspolitischen Verankerung des Quartiersgedankens. Die Innovationsklausel eröffnet die Möglichkeit, dass energetische Standards im Bestand quartiersbezogen und nicht mehr einzelgebäudebezogen betrachtet werden. In der Summe aller Gebäude eines Quartiers müssen die Standards erfüllt sein, nicht zwingend bei jedem Einzelgebäude. Damit werden Kompensationen zwischen Gebäuden ermöglicht. Auch besonders CO₂-freundliche Wärmeversorgungs-lösungen können ausgleichend wirken, wenn die Effizienzpotenziale an Gebäuden begrenzt sind (z. B. aus Gründen des Denkmalschutzes oder des Stadtbildes). Es ist daher darauf hinzuwirken, dass die Stärkung des Quartiersansatzes im weiteren Gesetzgebungsverfahren erhalten bleibt und das GEG zügig in Kraft tritt. Zusätzliche Flexibilitäten, die der Quartiersebene zugutekommen, können erreicht werden, wenn die CO₂-Einsparung als maßgebliche Kennzahl die heute noch fixierten primärenergetischen Kennwerte ablöst.

4. Dekarbonisierung der Wärmeversorgung vorantreiben

Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung (ob über Förderung oder ordnungsrechtlich) unterstützen indirekt die Quartiersebene, weil die spezifischen Potenziale von Wärmenetzen, EE aufzunehmen, aktiviert werden können. Wie ausgeführt ist dieser Transformationspfad gleichberechtigt zur Senkung des Wärmebedarfs zu verfolgen. Je nach Quartier kann es sinnvoller sein, den Schwerpunkt auf den Ausbau erneuerbarer Energien zu legen. Beispielsweise könnte der verpflichtende Anteil erneuerbarer Energien über das EEWärmeG deutlich erhöht werden. Zudem ist die Förderung von Wärmenetzen und innovativen Quartierslösungen deutlich auszubauen.

5. Städtische Bürgerenergiegewende - Teilhabe der Bürgerinnen und Bürger stärken

Quartierslösungen und dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung bieten die Chance für eine aktivere Rolle der Bürger an der urbanen Wärmewende. Dafür gilt es neue Finanzierungs-, Geschäfts- und Betreibermodelle, Partizipationsstrategien und quartiersbezogenen Vermarktungsmodelle zu entwickeln. Auch Kooperationen zwischen bürgergetragenen Initiativen und professionellen Energieversorgern können für beide Seiten Win-Win-Situationen darstellen. Wenn Bürger solche aktiveren Rollen übernehmen, brauchen sie Unterstützung von staatlicher Seite. Dazu könnten z. B. gehören: Kreditausfallbürgschaft der KfW oder eine Agentur auf Landesebene, die in der Energiegewende aktive Bürgerinnen und Bürger juristisch berät und eventuelle Risiken abfedert.

6. Kooperationsmanagements im Quartier einführen

Die integrierte Betrachtung von Energie- und Stadtplanung im Quartier und die Verknüpfung mit weiteren Infrastrukturfeldern versprechen zusätzliche Potenziale und Synergieeffekte. Gleichzeitig steigt aber angesichts der Vielzahl beteiligter Akteure die Komplexität und mithin der Kommunikationsaufwand. Eine Zusammenarbeit im skizzierten Sinne muss systematisch vorbereitet und begleitet werden, sie lässt sich nicht verordnen. Vorgeschlagen wird daher die Förderung von Kooperationsmanagements im Quartier nach dem Vorbild der Quartiersmanagements in den Städtebauförderprogrammen Soziale Stadt und Stadtumbau, wobei eine enge Anbindung an die Kommunalverwaltung gewährleistet sein muss. Die Aufgaben dieser Kooperationsmanagements gehen weit über die derzeit geförderten Sanierungsmanagements aus dem KfW-Programm 432 hinaus.

Im Mittelpunkt dieser Tätigkeit steht nicht nur die energetische Beratung sanierungswilliger Eigentümer, sondern Aufbau und Pflege langfristiger Netzwerke. Zunächst ist dabei an Runden zur strategischen Abstimmung zwischen lokalen Stromnetz-, Wärmenetz und Gasnetzbetreibern zu denken. Solche strategischen Abstimmungsrunden gibt es bislang nur in wenigen Kommunen in Deutschland. Sie brauchen eine Anbahnungsphase bis eine hinreichende Vertrauensbasis für gemeinsame Entscheidungen geschaffen ist. Zur Erschließung weiterer Ressourcen sind sukzessive und je nach Potenzialen im Quartier weitere Infrastrukturbetreiber wie Entwässerungsbetriebe, Abfallentsorger, Anbieter von Mobilitätsleistungen etc. einzubinden.

Eigentümerseitig können die bestehenden Sanierungsmanagements (KfW-Förderung) komplementär wirken, solange sie entsprechend finanziell ausgestattet sind. Auch hier geht es aber darum, die Netzwerke zwischen den Immobilieneigentümern zu stärken, damit sie gemeinsame Bedarfe gegenüber den Infrastrukturbetreibern äußern können. Die Kooperation zwischen verschiedenen Wohnungsunternehmen im gleichen Quartier gehört bei weitem nicht überall zur gelebten Praxis.

7. Instrument der Sanierungsgemeinschaften für die Bestandsentwicklung prüfen

Für Bestandsentwicklung und städtebauliche Sanierung gibt es derzeit kein Instrument, das sanierungsbezogene Kooperationen von Privaten formalisiert. Unter dem Stichwort Sanierungsgemeinschaften enthielt das ehemalige Städtebauförderungsgesetz § 14 StBauFG eine Bestimmung, die die Möglichkeit für gemeinsame Sanierungsprojekte von mehreren Privatparteien eröffnen sollte. Im BauGB ist eine solche Regelung nicht mehr zu finden. Ggf. ließe sich der § 171 BauGB diesbezüglich ergänzen.

Die Idee gemeinsamer privater Initiativen zur energetischen Stadtsanierung besteht auf informeller Basis aber fort. Unter dem Begriff Sanierungsgemeinschaften initiiert das Sanierungsmanagement Bergedorf-Süd in Hamburg z.B. Einkaufsgemeinschaften von mehreren Sanierungswilligen. Ziel ist es, über gemeinsame Auftragsvergaben Rabatte für Baustoffe und Dienstleistungen in Anspruch nehmen zu können. Egal ob formell oder informell angelegt, die Grundidee lässt sich auf energetische Quartiersentwicklung übertragen: Der Verbund von mehreren Grundstückseigentümern (ggf. in Kooperation mit Infrastrukturbetreibern) zur Umsetzung gemeinsamer Projekte muss organisatorisch gestärkt werden.

8. Unterstützung der Kommunen bei Datenbeschaffung und Bereitstellung

Grundlage für umsetzungsfähige Quartierskonzepte ist eine solide Datengrundlage. Häufig klagen Kommunen über zeitaufwändige und dennoch lückenbehaftete Datenbeschaffung. Neben fehlender Erfahrungen über zentrale Datensätze und Vorsicht im Umgang mit dem Datenschutz gehören dazu auch Legitimationsschwierigkeiten gegenüber Dritten, dass die Kommune berechtigt ist, diese Daten für energetische Planungen zu sammeln und aufzubereiten. Einige Länder wie Schleswig-Holstein oder Baden-Württemberg, aber bei weitem noch nicht alle, haben in ihren Landes-Klimaschutzgesetzen klargestellt, dass die Kommunen zur Aufbereitung energieplanungsrelevanter Daten berechtigt sind.⁷

In einem zweiten Schritt wäre zu prüfen inwiefern relevante Planungsdaten über eine Online-Plattform veröffentlicht werden können. Gerade für netzgebundene Wärmeversorgung im Quartiersmaßstab könnten auf diese Weise wesentliche „Einstiegsinformationen“ bereitgestellt werden, die schnell einen Eindruck vermitteln, ob es sich lohnt, die Idee einer gemeinsamen Wärmeversorgung weiterzuverfolgen. Im Gegensatz zu Deutschland ist dies im Nachbarland Dänemark schon etablierte Praxis.

9. Städtebauförderung stärker für energetischen Umbau im Quartier nutzen

Die Städtebauförderung ist ein zentrales Instrument der nachhaltigen Stadtentwicklung. Dem Wortsinn nach ist insbesondere das Stadtumbau-Programm dafür geeignet grundlegende Transformationsprozesse – im Sinne eines nachhaltigen Umbaus unserer Städte – maßgeblich zu unterstützen.

Stärker als bislang sollte die Städtebauförderung dafür auf den ökologischen Umbau unserer Städte ausgerichtet werden, indem die energetische Erneuerung in den Quartieren genauso an Gewicht gewinnt wie Klimaschutz und Klimaanpassung, wie Ressourcenschutz und biologische Vielfalt. All diese und weitere Aspekte sind in der Präambel der Verwaltungsvereinbarung Städtebauförderung zwischen Bund und Ländern bereits benannt. Sie müssten aber mit mehr Nachdruck verfolgt werden. Beispielsweise indem die energetische Stadtsanierung im Quartiersmaßstab, die Mobilitätswende im Quartier oder der CO₂-

⁷ In Baden-Württemberg sind große Kommunen seit dem Jahr 2019 sogar verpflichtet, kommunale Wärmeplanung zu betreiben.

und ressourcenschonende Umbau technischer Infrastrukturen explizit in den Zielkatalog des §171a Abs. 3 BauGB aufgenommen werden.

Das aus dem Städtebauförderungsprogramm Soziale Stadt bereits bekannte Instrument der Verfügungsfonds sollte auf den energetischen Umbau von Quartieren übertragen werden. Es eröffnet den Quartieren neue Handlungsspielräume, um die Zusammenarbeit zwischen privaten und zwischen privaten und kommunalen Akteuren anzuregen.

10. Modellvorhaben für die Umsetzung von Quartierslösungen in Bestandsgebieten einrichten

Reallabore sind ein auf Zeit angelegtes Format aus der transdisziplinären Forschungsförderung, in dem es vor allem um die Generierung von Handlungswissen durch die Erprobung (und parallele Analyse) innovativer Lösungen geht. Experimentelle Designs finden sich aber nicht nur im Rahmen von Forschungsprojekten, sondern haben auch in Stadtentwicklung und Städtebau eine lange Tradition (z. B. ExWoSt, Modellvorhaben der Raumordnung, Internationale Bauausstellungen).

Das BMWi fördert Reallabore seit kurzem auch im Rahmen seines 7. Energieforschungsrahmenprogramms. Im Mittelpunkt stehen dabei allerdings technische Aspekte mit einem gewissen Fokus auf den Neubaubereich. Ergänzend dazu, sollten Modellquartieren gefördert werden, die mit den spezifischen Herausforderungen von Bestandsquartieren mit heterogenen baulichen und Eigentümerstrukturen konfrontiert sind. Dort sind besonders komplexe und schwierige Umsetzungsprozesse zu erwarten. Gerade in der Kombination von klimafreundlichen Technologien mit organisatorischen und akteursbezogenen Fragen der Umsetzung liegt ein Mehrwert. Die geförderten Modellquartiere sollten beispielhaft zeigen, welche Kooperationen, Organisations- und Betreibermodelle für die Umsetzung von Quartierslösungen hilfreich sind und wie sie ins Leben gerufen und unterstützt werden können. Dabei kann es auch um neue Managementinstrumente sowie Geschäfts- und Betreibermodelle im Quartier gehen. Wo sinnvoll, soll die aktive Teilhabe der Quartiersbewohnerschaft gefördert werden.

11. quartiersbezogene Sanierungsfahrpläne statt individuelle Sanierungsfahrpläne

Nicht selten haben (private) Wohnungseigentümerinnen und Eigentümer den Wunsch, einzelne energetische Verbesserungen am Gebäude statt einer Vollsanierung durchzuführen. Das Instrument des individuellen Sanierungsfahrplans ist eingeführt worden, um dieser Realität Rechnung zu tragen und zugleich sicherzustellen, dass perspektivisch ein sinnvoller Gesamtzusammenhang mit hohem energetischem Standard gewahrt bleibt.

Um die Umsetzung von energetischen Quartierskonzepten zu unterstützen, sollten quartiersbezogene Sanierungsfahrpläne als zusätzliches Instrument eingeführt werden. Sie stellen die Abstimmung zwischen den Investitionsstrategien verschiedener Eigentümer und Infrastrukturbetreiber sicher und takten sie gegenseitig ein. Die heute bereits geförderten individuellen Sanierungsfahrpläne reichen für Quartierslösungen nicht aus.

Literatur

Alcántara, S., & Wassermann, S. (2016). Zur Governance der lokalen Energiewende - Vorschlag für ein Aktivierungskonzept auf Stadtteilebene. pnd.online, 2016, 1-11.

Alisch, M. (1998). Stadtteilmanagement. Voraussetzungen und Chancen für die soziale Stadt. Opladen: Leske + Budrich.

Bauer, U., Langer, V., & Stein, T. (2019). Mobilität in klimaneutralen Stadtquartieren - elektrisch, multimodal und vernetzt. Ökologisches Wirtschaften, 3.2019(34), 22-24.

Baues, T. (2017). Mieterstrom: erfolgreiche Partnerschaften zur energetischen Quartiersanierung. vhw Forum Wohnen und Stadtentwicklung(6/2017), 327-330.

Beckmann, K. J. (2014). Stadt- und Infrastrukturentwicklung. In: Stadt der Zukunft - Strategieelemente einer nachhaltigen Stadtentwicklung: acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.

Bock, S., & Million, A. (2016). Abwasser - Über die Verknüpfung von Stadtentwicklung und Wasserinfrastruktur. Planerin (6/16), 3-4.

Bracher, T., Frölich von Bodelschwingh, F., Preuß, T., Trapp, J. H., & Völker, V. (2019). Was gewinnt die Stadtgesellschaft durch saubere Luft. Difu Impulse, 2/2019.

Braungardt, S., & Bürger, V. (2018). Wärmewende Freiburg - Transformationsstrategien für eine CO2-freie Wärmeversorgung des Freiburger Gebäudebestandes. Öko-Institut e.V.

Bukow, W.-D. (2018). Urbaner Diskurs für eine zukunftsorientierte Stadtentwicklung. In: Informationen zur Raumentwicklung. Gemeinwohl - Konsequenzen für die Planung(5/2018), 80-91.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). (2017). KfW-Programm 432 „Energetische Stadtsanierung - Zuschüsse für integrierte Quartierskonzepte und Sanierungsmanager“. Ergebnisse der Begleitforschung. Bonn.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). (2019). Energetische Stadtsanierung - Zuschüsse für integrierte Quartierskonzepte und Sanierungsmanager.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). (2019). Projektdatenblätter der Fördermaßnahmen Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft (RES:Z).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). (2017). Energetische Stadtsanierung in der Praxis I. Grundlagen zum KfW-Programm 432.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). (2016). Klimaschutzplan 2050-Klimapolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). (2011). Handlungsleitfaden zur energetischen Stadterneuerung. Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2012). Energetische Stadterneuerung - Zukunftsaufgabe der Stadtplanung. Modellvorhaben in Städten der Bundesländer Brandenburg und Sachsen-Anhalt (Vol. 78). Berlin.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). (2015a). Energieeffizienzstrategie Gebäude - Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand. Berlin.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). (2015b). Energieeffizienzstrategie Gebäude - Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand Kurzfassung. Berlin.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). (2018). Die Energie der Zukunft - Sechster Monitoring-Bericht zur Energiewende.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). (2019a). Zweiter Fortschrittsbericht zur Energiewende "Die Energie der Zukunft". Zuletzt aufgerufen am 20.01.2020 unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/zweiter-fortschrittsbericht-zur-energiewende.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). (2019b). Gebäudeenergiegesetz (GEG) Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude. Zuletzt aufgerufen am 21.02.2020 unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/gesetz-zur-vereinheitlichung-des-energieeinsparrechts-fuer-gebäude-gebäudeenergiegesetz.html>

Bundesregierung. (2019a). Entwurf eines Gesetzes zur Einführung eines Bundes-Klimaschutzgesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften.

Bundesregierung. (2019b). Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050.

Bürger, V., Hesse, T., Palzer, A., Köhler, B., Herkel, S., & Engelmann, P. (2016). Klimaneutraler Gebäudebestand 2050. Endbericht. Unter Mitarbeit von Dietlinde Quack. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau (Climate Change, 06/2016).

Deutscher Städtetag. (DST) (2018). Nachhaltige städtische Mobilität für alle. Agenda für eine Verkehrswende aus kommunaler Sicht. Positionspapier. Berlin.

Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e. V. (DV) (2015). Aktivierung privater Wohnimmobilien Eigentümer im Rahmen energetischer Quartiersansätze. Berlin.

Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e. V. (DV) (2019). "Kursbuch Klimaschutz im Gebäudebereich". Berlin

Dunkelberg, E., Gährs, S., Knoefel, J., & Weiß, J. (2019). Klimaneutralität in Stadtquartieren. Ökologisches Wirtschaften, 34(3.2019), 14-15.

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 (2018).

Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, (2018).

Flaute, M., Großmann, A., Lutz, C., Nieters, A., Aretz, A., Gähns, S., Oberst, C. (2018). Prosumer-Haushalte und ihr Beitrag zur Transformation des Energiesystems und der Gesellschaft. In C. Lautermann (Ed.), Die Energiewende der Bürger stärken (pp. 167-189). Marburg: Metropolis-Verlag.

Flieger, B., Schachtschneider, U., Wolter, H., Lautermann, C., Aretz, A., Gähns, S., & Broekmans, J. (2018). Zukunftsfeld Mieterstrommodelle. Potentiale von Mieterstrom in Deutschland mit einem Fokus auf Bürgerenergie. Forschungsverbundprojekt "BuergEn - Perspektiven der Bürgerbeteiligung an der Energiewende unter Berücksichtigung von Verteilungsfragen" Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.

Grießhammer, R., Aretz, A., Bizer, K., Bürger, V., Cludius, J., Flieger, B., Riechel, R., Weiß, J. (2018). Anschlussvorhaben BuergEn: Perspektiven der Bürgerbeteiligung an der Energiewende unter Berücksichtigung von Verteilungsfragen. Endbericht

Habermann-Nieße, K., Jütting, L., Klehn, K., & Schlomka, B. (2012). Strategien zur Modernisierung II: Mit EKO-Quartieren zu mehr Energieeffizienz. Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung.

Hamburg Institut (2015). Fernwärme 3.0 Strategien für eine zukunftsorientierte Fernwärmepolitik. HIR Hamburg Institut Research gGmbH. Hamburg.

Heinrich, S., Langreder, N. Rau, D., Falkenberg, H. & Meißner, K. (2019). Evaluierung des Förderprogramms "Energetische Stadtsanierung - Zuschuss". Prognos AG, Evaluation des KfW-Förderprogramms 432 für die Förderjahrgänge 2011-2017.

Hiete, M., Brengelmann, S., Hahne, U., Kallendrusch, S., Köckler, H., Lee, J., Schultmann, F. (2017). Energetische Sanierung von Wohngebäuden im Quartier. Informationen zur Raumentwicklung. Energie im Quartier(4/2017), 52-67.

Hirschl, B., Reusswig, F., Weiß, J., Bölling, L., Bost, M., Flecken, U., Lange, C. (2015). Entwurf für ein Berliner Energie-und Klimaschutzprogramm (BEK), Endbericht, November 2015.

Hirschl, B. (2018). Urbane Energiewende - Wege zur Klimaneutralität in Großstädten. In D. Knoblauch & J. Rupp (Eds.), Klimaschutz kommunal umsetzen (pp. 33-52). München: oekom.

Holthuizen, T., Kiesewetter, J., Ludwig, M., Christ, R., & Kleinow, A. (2018). Energiewende - Irrtümer aufbrechen, Wege aufzeigen. In e. I. GmbH (Ed.). Berlin: BBU Verband Berlin-brandenburgischer Wohnungsunternehmen e.V.

InfraLab Berlin e. V. (2017). <https://infralab.berlin/impressum/> (aufgerufen am 14.02.2020)

Kahlenborn, W., Clausen, J., Behrendt, S., & Göll, E. (2019). Auf dem Weg zu einer Green Economy: Wie die sozialökologische Transformation gelingen kann (Vol. 3): transcript Verlag.

Kühn, A., & Jäger, J. (2017). Im urbanen Raum gibt es unterschätzte Energiequellen: Kalte Fernwärme aus dem Abwasser. *entsorga-magazin*, 36(4), 43-46.

Kunz, C., & Wenzel, B. (2016). Metaanalyse: Instrumente und Maßnahmen für die Wärmewende. Agentur für Erneuerbare Energien, Forschungsradar Energiewende.

Landesamt für Statistik Niedersachsen. (2014). Gebäude und Wohnungsbestand in Deutschland - Erste Ergebnisse der Gebäude- und Wohnungszählung 2011. Statistische Ämter des Bundes und der Länder. Hannover.

Leipzig Charta. (2007). Leipzig Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

Libbe, J. (2014). Smart City: Herausforderung für die Stadtentwicklung. *Difu Berichte*, 2/2014, 2-3.

Libbe, J. (2015). Transformation städtischer Infrastruktur. Perspektiven und Elemente eines kommunalen Transformationsmanagements am Beispiel Energie. Leipzig.

Libbe, J. (2017). Gekoppelte Infrastrukturen sind nicht nur eine technische Herausforderung. *Difu-Berichte*(2/2017), 4-5.

Libbe, J. (2018). Smart City. In D. Rink & A. Haase (Eds.), *Handbuch Stadtkonzepte. Analysen, Diagnosen, Kritiken und Visionen* (pp. 429-449). Stuttgart.

Libbe, J., Köhler, H., & Beckmann, K. J. (2010). Infrastruktur und Stadtentwicklung. Technische und soziale Infrastrukturen - Herausforderungen und Handlungsoptionen für Infrastruktur- und Stadtplanung. (Vol. 10). Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik und Wüstenrot Stiftung.

Libbe, J., & Petschow, U. (2017). Verwundbarkeiten durch Sektorkopplung. *Ökologisches Wirtschaften*, 32(4), 16-18.

Libbe, J., & Riechel, R. (2017). Die kommunale Wärmewende. Technische Transformationspfade und kommunales Transformationsmanagement. *Ökologisches Wirtschaften*, 32(1), 36-40.

Libbe, J., Petschow U., Trapp J. H. (Unter Mitarbeit von Arndt W.-H., Floeting H.) (2018) (Hrsg. Umweltbundesamt): Diskurse und Leitbilder zur zukunftsfähigen Ausgestaltung von Infrastrukturen - Abschlussbericht, *Climate Change* 33/2018, Dessau-Roßlau.

Libbe, J., & Marg, O. (2019). Experimente in urbanen Reallaboren - unveröffentlichtes Protokoll zum Vernetzungstreffen zu Erfahrungen mit und Wirkungen von Reallaboren als Format einer Disziplinen übergreifenden und partizipativen Stadtforschung. *Synthese und Vernetzung*Zukunftsstadt (SynVer*Z)*.

Lindloff, K., Bauer, U., & Stein, T. (2018). Empfehlungspapier für Kommunen: "Neue Konzepte des (E-) Lieferverkehrs in den Städten". Ergebnisse aus dem Städtetzwerk des Forschungsprojektes "City2Share". Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH. Berlin.

Matern, A. (2017). Smart City-Konzepte als Impuls zur Erneuerung städtischer Infrastrukturen? In J. I. Engels, N. Janich, J. Monstadt, & D. Schott (Eds.), Nachhaltige Stadtentwicklung (pp. 150-173). Frankfurt: Campus Verlag.

Matern, A., & Schmidt, M. (2015). Sektorübergreifende Koordination als Herausforderung nachhaltiger Infrastrukturentwicklung in Städten. In D. Schott (Ed.), Informationen zur modernen Stadtgeschichte (IMS) (pp. 70-80). Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH.

Monstadt, J., & Coutard, O. (2019). Cities in an era of interfacing infrastructures: Politics and spatialities of the urban nexus. *Urban Studies*, 56(11), 2191-2206.

Neußer, W. (2017). Energie im Quartier. Informationen zur Raumentwicklung. *Energie im Quartier*(4/2017), 4-9.

Nobis, C., & Kuhnimhof, T. (2018). Mobilität in Deutschland-MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas, 360.

Pause, F. (2019). Saubere Energie für alle Europäer - Was bringt das Legislativpaket der EU? *Zeitschrift für Umweltrecht (ZUR)*, 2019(Heft 7-8), 387-396.

Pehnt, M & Nast, M. (2016). Wärmewende 2017 Impulse für eine klimafreundliche Wärmeversorgung. In Heinrich-Böll-Stiftung e.V. (Ed.), böll.brief - Grüne Ordnungspolitik.

Quénéhervé, G. (2018). Mehrfachnutzung von Flächen - solare Energieproduktion im Quartier. *AGIT - Journal für Angewandte Geoinformatik*(4-2018), 114-122.

Riechel, R. (2016). Zwischen Gebäude und Gesamtstadt: das Quartier als Handlungsraum in der lokalen Wärmewende. *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*, 85(4), 89-101.

Riechel, R., Koritkowski, S., Libbe, J. (Mitarb.), & Koziol, M. (Mitarb.). (2016). Wärmewende im Quartier. Hemmnisse bei der Umsetzung energetischer Quartierskonzepte. Berlin (Difu-Papers).

Riechel, R., Koritkowski, S., Libbe, J., Koziol, M., & Trapp, J. H. (Mitarb.),. (2017). Kommunales Transformationsmanagement für die lokale Wärmewende. *TransStadt Leitfaden*. Berlin.

Schindler, K., & Haaser, A. (2018). Mobilitätswende beginnt in den Bezirken. *Energie Impulse Vier* 2018, pp. 16-17.

Schmidt, D., Erhorn-Kluttig, H., Venjakob, J., Wern, B., Binder, J., Sperber, E., Lenz, V. (2016). Wärmewende im Quartier. *ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (FVEE Jahrestagung) 2015*, Berlin.

Schnur, O. (2014). Quartiersforschung im Überblick: Konzepte, Definitionen und aktuelle Perspektiven. In O. Schnur (Ed.), Quartiersforschung: Zwischen Theorie und Praxis (pp. 21-58). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Schnur, O., & Markus, I. (2010). Quartiersentwicklung 2030: Akteure, Einflussfaktoren und Zukunftstrends - Ergebnisse einer Delphi-Studie. Raumforschung und Raumordnung, 68(3), 181-194.

Schubert, S. (2016). Ausbau von Wärmenetzen vs. energetische Sanierung? - Umgang mit konkurrierenden Strategien zur Umsetzung der "Wärmewende" auf kommunaler Ebene. Raumforschung und Raumordnung, 74(3/2016), 259-271.

Schüle, R., Venjakob, J., Berlo, K., Best, B., Drissen, I., Fekkak, M., Werbeck, A. (2017). Die Energiewende Regional Gestalten. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, (Ed.) Auf dem Weg zu einer Energiewende-Roadmap im Ruhrgebiet.

Soike, R. & Libbe, J. (2018): Smart Cities in Deutschland - eine Bestandsaufnahme, Berlin (Difu-Papers).

Statistisches Bundesamt (Destatis). (2018). Bauen. In Statistisches Bundesamt (Ed.), Statistisches Jahrbuch 2018 - Deutschland und Internationales (pp. 577-589). Wiesbaden.

Stieß, I., van der Land, V., Birzle-Harder, B., & Deffner, J. (2010). Handlungsmotive, -hemmnisse und Zielgruppen für eine energetische Gebäudesanierung. Ergebnisse einer standardisierten Befragung von Eigenheimsanierern. Frankfurt am Main.

Stolte, C. & Drinkuth, T (2019). Notwendige Instrumente zur Erreichung der Energie- und Klimaziele 2030 im Gebäudebereich. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Allianz für Gebäude-Energie-Effizienz (geea).

Thamling, N., Pehnt, M., & Kirchner, J. (2015). Hintergrundpapier zur Energieeffizienzstrategie Gebäude. Prognos, ifeu, IWU.

Umweltbundesamt (UBA). (2017). Die Stadt für Morgen. Umweltschonend mobil - lärmarm - grün - kompakt - durchmischt

Umweltbundesamt (UBA). (2018). Urbaner Umweltschutz. Die strategische Forschungsgenda des Umweltbundesamtes.

Van Laak, Dirk (2008): Infrastrukturen und Macht. In: François Duceppe-Lamarre/ Jens Ivo Engels (Hrsg.): Umwelt und Herrschaft in der Geschichte/Environnement et pouvoir: une approche historique, München (Oldenbourg), S. 106-114.

Verband kommunaler Unternehmen e. V. (VKU). (2018). Kommunale Wärmewende. Berlin.

Verbücheln, M., & Wagner-Endres, S. (2018). Stoffkreisläufe und Stoffströme auf der regionalen und lokalen Ebene optimieren - Handlungsfelder, Fallbeispiele und Empfehlungen für Kommunen.

Vögele, S., Matthies, E., Kastner, I., Buchgeister, J., Kleemann, M., Ohlhorst, D., & Nast, M. (2016). Reduktion des gebäuderelevanten Energiebedarfs als Herausforderung für die Energiewende. Sechs Thesen zu unterschätzten Barrieren und Potenzialen. Policy Brief(02/2016).

Weiß, J., Dunkelberg, E., & Hirschl, B. (2018a). Die Wärmewende in Städten umsetzen - Herausforderungen und Lösungsansätze. In D. Knoblauch & J. Rupp (Eds.), Klimaschutz kommunal umsetzen (pp. 163-179). München: oekom.

Weiß, J., Bierwirth, A., Knoefel, J., März, S., Kaselofsky, J., & Friege, J. (2018b). Entscheidungskontexte bei der energetischen Sanierung. Ergebnisse aus dem Projekt Perspektiven der Bürgerbeteiligung an der Energiewende unter Berücksichtigung von Verteilungsfragen. Berlin.

Wild, R. (2017) Mieterstrom. Ein Hauch von Gerechtigkeit in der Energiewende. Energieimpulse (3/2017), 12-13.

Winker, Martina, Jan Hendrik Trapp (Hrsg.) gemeinsam mit Jens Libbe und Engelbert Schramm (2017): Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten. Technische Varianten, räumliche Potenziale, institutionelle Spielräume, Berlin (Edition Difu).

Zuber, F., Vollprecht, J., Ahlers, M., & Albrecht, G. (2018). Vom Mieterstrom zur Quartiersversorgung - Energiekonzepte vor Ort umsetzen. Verband kommunaler Unternehmen e. V. (VKU)