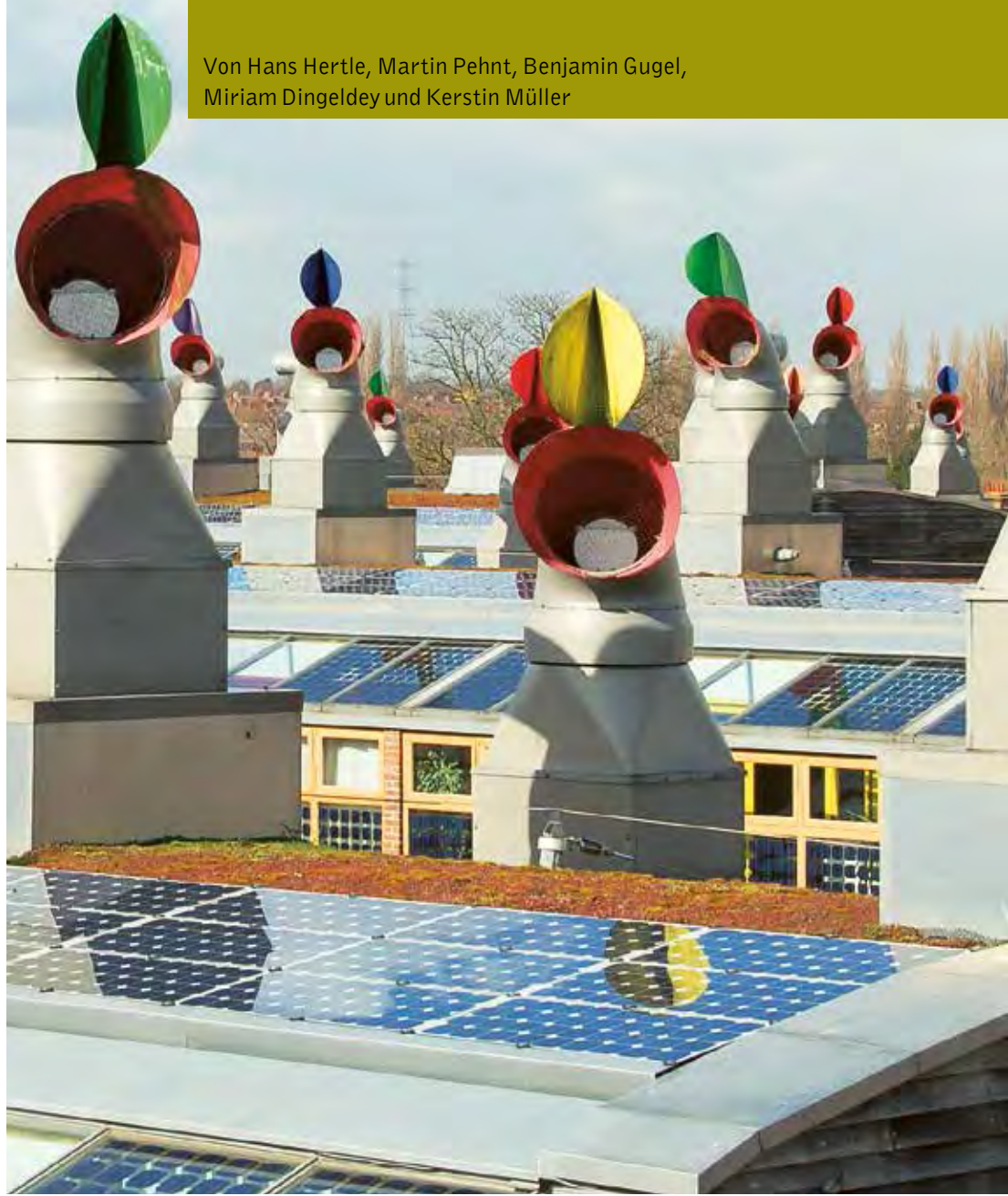


BAND 41

Wärmewende in Kommunen

Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung

Von Hans Hertle, Martin Pehnt, Benjamin Gugel,
Miriam Dingeldey und Kerstin Müller



WÄRMEWENDE IN KOMMUNEN

**HEINRICH BÖLL STIFTUNG
SCHRIFTEN ZUR ÖKOLOGIE
BAND 41**

Wärmewende in Kommunen

Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der
Wärmeversorgung

Von Hans Hertle, Martin Pehnt, Benjamin Gugel, Miriam Dingeldey und Kerstin Müller

Im Auftrag und herausgegeben von der Heinrich-Böll-Stiftung

Die **Autorinnen und Autoren** sind Mitarbeiter des Instituts für Energie und Umweltforschung (ifeu) in Heidelberg. Sie arbeiten im Fachbereich Energie des ifeu, der sich mit den Wechselwirkungen von Technik, Wirtschaft, Politik, Organisation und Verhalten im Rahmen eines umweltverträglichen Energieeinsatzes beschäftigt. Schwerpunkte des Fachbereiches Energie sind Energieeffizienz, erneuerbare Energie und zukünftige Energiesysteme, Umweltbildung und Evaluationen von Politikinstrumenten und kommunaler Klimaschutz.

Das ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH ist ein eigenständiges Forschungsinstitut und als gemeinnützig anerkannt. Es wurde 1978 von Wissenschaftler/innen der Universität Heidelberg als Zentrum für unabhängige Forschung zu umweltrelevanten Fragen gegründet. Im ifeu sind derzeit rund 70 Mitarbeiter/innen aus dem Bereich der Natur-, Ingenieurs- und Gesellschaftswissenschaften beschäftigt.

Insbesondere durch die Erstellung umsetzungsorientierter Klimaschutzkonzepte in den 1990er Jahren konnten Erfahrungen mit wichtigen Akteuren in Kommunen gesammelt werden. Darauf aufbauend wurden Strategien für ein effizientes Klimaschutz- und Energiemanagement auf allen Ebenen, von der Kommune über die Kreis- und Landesebene bis zur nationalen Ebene entwickelt.



www.ifeu.de



Diese Publikation wird unter den Bedingungen einer Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de> Eine elektronische Fassung kann heruntergeladen werden. Sie dürfen das Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen. Es gelten folgende Bedingungen: Namensnennung: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen (wodurch aber nicht der Eindruck entstehen darf, Sie oder die Nutzung des Werkes durch Sie würden entlohnt). Keine kommerzielle Nutzung: Dieses Werk darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden. Keine Bearbeitung: Dieses Werk darf nicht bearbeitet oder in anderer Weise verändert werden.

Wärmewende in Kommunen

Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung

Band 41 der Schriftenreihe Ökologie

Von Hans Hertle, Martin Pehnt, Benjamin Gugel, Miriam Dingeldey und Kerstin Müller

Im Auftrag und herausgegeben von der Heinrich-Böll-Stiftung 2015

Gestaltung: feinkost Designnetzwerk, Constantin Mawrodiw (basierend auf Entwürfen von State)

Grafiken: feinkost Designnetzwerk, Sebastian Langer und Constantin Mawrodiw

Cover-Foto: Tom Chance (flickr: BedZED), cc by 2.0

Druck: Druckerei Arnold, Großbeeren

PDF-Bearbeitung: PDF4web, C.C. Bartning

ISBN 978-3-86928-142-1

Bestelladresse: Heinrich-Böll-Stiftung, Schumannstr. 8, 10117 Berlin

T +49 30 28534-0 F +49 30 28534-109 E buchversand@boell.de W www.boell.de

INHALT

Vorwort	7
Zusammenfassung	9
1 Die Zukunft der Wärmeversorgung in Deutschland	16
1.1 Ziele und Szenarien	16
1.2 Die Politik der Wärmewende	19
1.3 Wärmewende in den Bundesländern	21
1.4 Paradigmenwechsel im Wärmemarkt	26
1.5 Vorbild Dänemark	31
2 Kommunale Beispiele der Wärmewende	35
2.1 Wärmewende in kleinen und ländlichen Kommunen	36
2.2 Wärmewende in Wohngebieten und Quartieren	42
2.3 Wärmewende in der Stadt	44
3 Technische Entwicklungspfade der kommunalen Wärmewende	50
3.1 Effizienz und erneuerbare Energien in Balance	50
3.2 Auch erneuerbare Energien haben Grenzen	51
3.3 Wärmenetze sind gefragt	55
3.4 Strom- und Wärmewende zusammen denken	56
3.5 Wärme ist nicht gleich Wärme	57
3.6 Reboundeffekte vermeiden und Suffizienz fördern	60
3.7 Im Quartier spielt die Musik	62
4 Strategien für die kommunale Wärmewende entwickeln	67
4.1 Akteur/innen der Wärmewende	67
4.1.1 Akteur/innen außerhalb der Kommune	67
4.1.2 Akteur/innen in der Kommune	71
4.2 Konzepte der Wärmeplanung	80
4.2.1 Integriertes Vorgehen für die gesamte Kommune	82
4.2.2 Schwerpunkt lokale Wärmewende: Konzepte zur Wärmenutzung und zum Ausbau erneuerbarer Energien	86
4.2.3 Fokus aufs Detail: Quartierskonzeptee	90

5 Unterstützungsangebote und Instrumente für den Einstieg zur kommunalen Wärmewende	94
5.1 Ermittlung Status quo	94
5.2 Kriterienraster zur Auswahl von Quartieren	99
5.3 Auswahl technischer Entwicklungspfade	103
 Anhang	 111
Literatur- und Internetquellen	112
Glossar	114
Abkürzungsverzeichnis	119

VORWORT

Im Dezember 2015 werden sich die Vereinten Nationen zur 21. Klimakonferenz in Paris treffen. Auf dieser Konferenz soll eine internationale Klimaschutz-Vereinbarung getroffen werden, die das Kyoto-Protokoll ablöst. Ob das erfolgreich sein wird, ist derzeit noch offen. Während die internationale Klimadiplomatie jedoch nur mühsam und manchmal gar nicht vorankommt, sind viele Kommunen auf der ganzen Welt schon einige Schritte voraus. So haben die Bürgermeister/innen von 20 europäischen Städten im März dieses Jahres eine Erklärung verabschiedet, in der sie sich verpflichten, bis 2030 ihre Treibhausgasemissionen auf mindestens 40 Prozent zu senken. Viele europäische Städte gehen noch weiter wie z.B. Kopenhagen, das bis 2025 klimaneutral werden will. Auch in Deutschland wollen zahlreiche Städte dieses Ziel mindestens bis 2050 erreichen.

Deutschland steht als «Vorreiterland der Energiewende» international im Fokus der Aufmerksamkeit, weil sich eine der weltweit führenden Industrienationen zum regenerativen Umbau des Energiesektors bekannt hat. Die Energiewende wird in Deutschland aber leider nach wie vor hauptsächlich als Stromwende gedacht und praktiziert. Eine Energiewende, die ihren Namen verdient, muss auch die Wärmeversorgung regenerativ umbauen. Denn zurzeit werden 56 Prozent der Endenergie in Deutschland als Wärme verbraucht. Die Wärmewende ist aber noch aus einem anderen Grund wichtig: Wärmenetze können den entscheidenden Link zur Integration des Energiesystems herstellen. Dort kann z.B. überschüssiger Strom aus regenerativen Quellen in Wärme umgewandelt und gespeichert werden. Flexible Netze ermöglichen auch die dezentrale Einspeisung unterschiedlicher Produzenten. Kohlekraftwerke sind für ein klimaneutrales Energiesystem keine Option, und auch Gaskraftwerke können nur eine Übergangslösung sein. Wie die integrierte Energiewende funktioniert, kann man übrigens, bei allen Einschränkungen der Vergleichbarkeit, in Dänemark beobachten. Deutschland ist davon allerdings noch relativ weit entfernt.

Bei der Wärmewende sind Kommunen Schlüsselakteure. Kommunen vergeben Konzessionen für Strom-, Gas- und Wärmenetze. Kommunale Stadtwerke betreiben, teilweise in Kooperation mit Bürgergenossenschaften, Wärmenetze und regenerativ befeuerte Kraftwerke. Kommunen erstellen Klimaschutzkonzepte und Energiepläne und motivieren weitere Akteur/innen. Sie nutzen ihre eigenen Liegenschaften als Ausgangspunkte für eine klimafreundliche Wärme- und Stromversorgung. Kommunen können die Passivhausbauweise für Neubauquartiere festlegen oder fördern. Städte und Gemeinden koordinieren außerdem die energetische Quartierssanierung, die Gebäudemodernisierung mit einem Umbau der Wärmeversorgung verbindet. Gute Beispiele für all diese Strategien, vom Bioenergiedorf bis zur erneuerbaren

Fernwärmeversorgung in Großstadtquartieren, werden in diesem Leitfaden vorgestellt.

Der vorliegende Leitfaden *Wärmewende in Kommunen* wurde vom ifeu-Institut Heidelberg im Auftrag der Heinrich-Böll-Stiftung erarbeitet. Er richtet sich daher an alle, die in ihrer Stadt oder Gemeinde die Wärmewende in Angriff nehmen wollen, und bietet einen Kompass für richtungssichere Entscheidungen der klimafreundlichen Wärmeversorgung. Die Publikation gibt einen umfassenden Einblick in den Stand der Wärmewende in Deutschland mit Exkursen zu «best practices» in Dänemark und der Schweiz. Sie schließt zudem an verschiedene Publikationen der Heinrich-Böll-Stiftung an, insbesondere an *Strategien zur Modernisierung II: Mit EKO-Quartieren zu mehr Energieeffizienz*, die 2012 erschien und sich bereits mit dem Quartier als Ausgangspunkt einer klimagerechten Stadtentwicklung auseinandergesetzt hat.

Jede Kommune ist anders und muss ihren Weg finden zwischen den Pfaden «Bioenergiedorf» (Optimierung der erneuerbaren Energieversorgung) und «Passivhausquartier» (Optimierung der Energieeffizienz). An beiden Stellschrauben müssen Kommunen bis 2050 drehen, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Um die besten Kombinationen und zeitlichen Schritte zu ermitteln, schildert der Leitfaden ausführlich die Versorgungsoptionen aus technischer und wirtschaftlicher Sicht. Praxisnahe Checklisten für die kommunale Wärmewende runden den Leitfaden ab.

Wir danken Hans Hertle, Martin Pehnt, Benjamin Gugel, Miriam Dingeldey und Kerstin Müller vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) für die produktive Zusammenarbeit. Außerdem danken wir Wulf Westermann, Julia Gerometta und Ralf Radloff für kritische Kommentare und konstruktive Hinweise.

Berlin, im September 2015

Sabine Drewes

Referentin für Kommunalpolitik und Stadtentwicklung

Heinrich-Böll-Stiftung

ZUSAMMENFASSUNG

Um die globale Erwärmung auf maximal 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, hat sich die Bundesregierung im Kontext der Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls weitreichende Ziele zur Reduktion von Treibhausgasen gesetzt. Gegenüber 1990 sollen diese bis 2020 um mindestens 40 Prozent und bis 2050 sogar um 80 bis 95 Prozent gesenkt werden. Das soll vor allem durch den Ausbau erneuerbarer Energien und eine Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden. Diese Ziele sind im Energiekonzept von 2010 festgeschrieben.

Die «German Energiewende» bezieht sich bislang vorwiegend auf den Stromsektor. Seit der Einführung einer Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Quellen hat sich der Anteil der erneuerbaren Energien im Stromnetz auf über 25 Prozent gesteigert. Im Wärmebereich ist der Anteil heute allerdings deutlich niedriger und stagniert auch in den letzten Jahren. Um die langfristigen Klimaschutzziele erreichen zu können, muss die Entwicklung hier deutlich forciert werden. *Zur Stromwende muss auch eine Wärmewende kommen.*

Im Wärmemarkt findet allerdings zurzeit ein Paradigmenwechsel im Bezug auf die Entwicklungsstrategien statt. Die einseitige Fokussierung auf Effizienzsteigerung oder den Ausbau erneuerbarer Energien stößt an Grenzen. Bisher leicht zu erschließende Potenziale erneuerbarer Energien im Biomassebereich werden bundesweit knapper. Effizienzsteigerungen, z.B. durch die stetig höheren Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV), greifen nicht in der geplanten Tiefe. Die Umsetzung der EnEV wird nur unzureichend überprüft und Rebound-Effekte (z.B. der zunehmende Wohnflächenverbrauch) heben Teile der Einsparung wieder auf. Zudem ist auf kommunaler Steuerungsebene vielen Akteur/innen nicht klar, welche Versorgungsoptionen eine Chancen haben bzw. zukünftig von nationaler Seite aus gefördert werden. Schließlich können die Strom- und die Wärmewende mittel- und langfristig nicht voneinander getrennt betrachtet werden. Der Wärmebereich wird zunehmend Anteile am «erneuerbaren Stromkuchen» benötigen. Die Speichertechnologien sowohl der Wärme- als auch der Stromseite müssen sich ergänzen.

Folgende sieben Thesen zeigen in Kurzform wesentliche Herausforderungen einer kommunalen Wärmewende aus technischer bzw. wirtschaftlicher Sicht:

- 1. Effizienz und erneuerbare Energien in Balance.** Weder über eine Effizienzrevolution noch durch den Ausbau erneuerbarer Energien alleine können die ambitionierten Klimaschutzziele 2050 erreicht werden. Beide müssen in einer optimalen Balance entwickelt werden. Dies betrifft einerseits die Modernisierung von Einzelgebäuden, bei denen z.B. eine gute Wärmedämmung eine

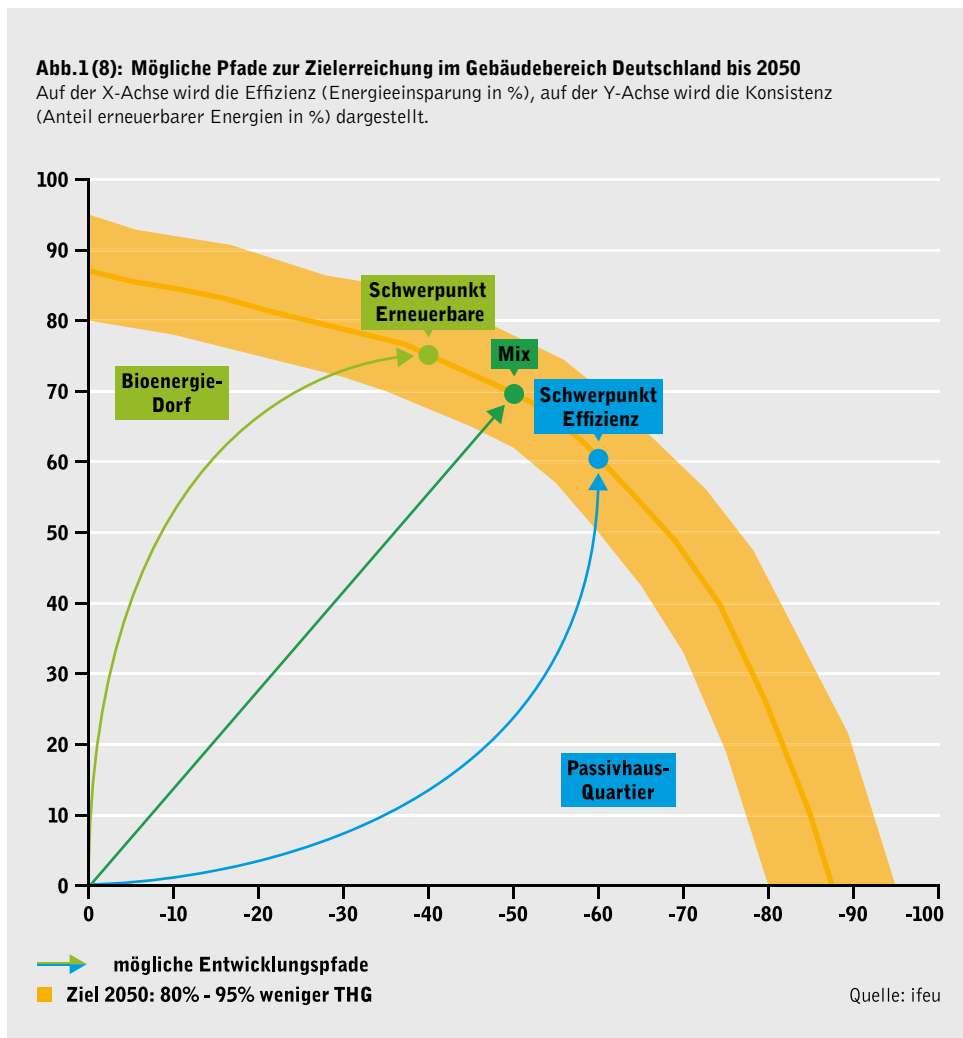
Flächen- oder Luftheizung erlaubt und die damit für Solarthermie- und/oder Wärmepumpeneinsatz geeignet sind. Andererseits reicht die Umstellung der Wärmeversorgung ganzer Quartiere allein nicht aus, um die langfristigen Ziele des Klimaschutzes zu erreichen. Welcher Pfad auf dem Weg zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand beschritten wird, hängt stark von den örtlichen Gegebenheiten und übergeordneten Einschränkungen ab.

2. **Auch erneuerbare Energien haben Grenzen.** Der Definition nach sind erneuerbare Energien Energieträger, die entweder unbegrenzt zur Verfügung stehen oder sich schnell auf natürliche Weise regenerieren können. In der Praxis sind die Potenziale allerdings durch viele Faktoren eingeschränkt. Am deutlichsten wird das bei der speicherbaren Biomasse, bei der bereits heute in Deutschland das Potenzial nahezu erschöpft ist. Auch das Angebot von Sonne und Wind schwankt bekanntermaßen zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten erheblich. So steht im Sommer naturgemäß viel Sonnenenergie zur Verfügung, benötigt wird sie aber vorwiegend im Winter. Zudem kann das Angebot auch nur dann genutzt werden, wenn geeignete technische Rahmenbedingungen (z.B. Nahwärmenetz, Flächenheizsysteme oder Speicher) gegeben sind.
3. **Wärmenetze sind gefragt.** In Zukunft wird es nötig sein, alle zu Verfügung stehenden Energiequellen zu nutzen, um von fossilen Energieträgern weitgehend unabhängig zu werden. Viele dieser Quellen sind auf Wärmenetze angewiesen. Da durch die Effizienzsteigerung im Gebäudesektor von durchschnittlich etwa 60 Prozent der Verbrauch langfristig erheblich abnimmt, müssen bestehende Fern- und Nahwärmesysteme daran angepasst werden. Niedertemperaturnetze (LowEx-Netze) bis hin zur kalten Nahwärme mit Erdsondenfeldern bieten die Basis für eine effiziente Wärmenutzung ohne hohe Leitungsverluste. Selbst in verdichteten Neubaugebieten mit Passivhausstandard, wie in der Bahnstadt Heidelberg, sind Wärmenetze noch umsetzbar. Die Neuverlegung von Nahwärmenetzen erfordert allerdings einen Infrastrukturwandel im Wärmesektor.
4. **Strom- und Wärmewende zusammen denken.** Primärenergieschonende Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) sollten in naher Zukunft verstärkt eine stabilisierende Aufgabe zur Einbindung fluktuierender erneuerbarer Energien übernehmen (Wärmespeicher und -netze, Stromerzeugung in Flauten). Die KWK deckt dann effizient den Großteil der Restnachfrage nach Strom (die Residuallast). Zusätzliche Anforderungen ergeben sich durch die langfristige Umstellung der KWK auf erneuerbare Energien. Durch die hohen sommerlichen Strom- und Wärmeeinspeisungen von Solaranlagen werden sich die jährlichen Laufzeiten von KWK-Anlagen in den nächsten Jahrzehnten erheblich verringern. Strom- und Wärmesysteme müssen daher in Zukunft enger aufeinander abgestimmt werden.

5. **Wärme ist nicht gleich Wärme.** Wärme wird auf unterschiedlichen Temperaturniveaus nachgefragt. Im Gegensatz zur Prozesswärme (d.h. Wärme für industrielle Produktionsprozesse) mit mehr als 100°C reichen für die Warmwasserbereitung bereits 45 bis 65°C, für die Raumheizung schon 35°C bis 55°C aus. Dieser Niedertemperaturbedarf kann sinnvoll durch erneuerbare Energien (z.B. Solarthermie und Geothermie) aber auch durch Abwärme aus Produktionsprozessen oder aus Kraft-Wärme-Kopplung gedeckt werden. In einem Kaskadensystem kann Energie mehrstufig genutzt und damit optimal verwertet werden. Hochwertige Energieformen wie z.B. Strom sollten nur in Ausnahmefällen für niederwertige Wärmeanwendung eingesetzt werden.
6. **Rebound-Effekte vermeiden und Suffizienz fördern.** Auch im Wärmebereich können die langfristigen ambitionierten Ziele nur erreicht werden, wenn sie nicht durch eine steigende Nachfrage kompensiert werden. In den letzten Jahrzehnten wurde ein Großteil der Effizienzsteigerung bei Gebäuden durch den höheren Wohnflächenbedarf wieder ausgeglichen. Diese direkten Rebound-Effekte können vermieden werden, wenn sich das Augenmerk der Stadtplaner/innen auf das gemeinschaftliche Wohnen in verdichteten Räumen richtet. Neben der energiesparenden kompakten Bauweise mit guten Voraussetzungen für eine ökologische Wärmeversorgung über Wärmenetze bietet diese Bauweise auch die ideale nachhaltige Infrastruktur für den täglichen Bedarf (Nahrung, Konsum, Mobilität).
7. **Im Quartier spielt die Musik.** Für die Zukunft einzelner Gebäude gibt es bereits heute viele Optionen einer nachhaltigen Energienutzung und Versorgung. Grundsätzliche Fragen zur Bebauungsstruktur und Wärmeversorgung werden jedoch auf Quartiersebene entschieden. Die zentrale Herausforderung im Bestand wird dabei sein, die richtige Strategie zu finden, um die Wärmeversorgung einer Siedlung umzubauen und den Energiebedarf der Gebäude zu verringern. Das bedeutet auch, die unterschiedlichen Interessen und Lebenslagen der Gebäudeeigentümer/innen zu berücksichtigen und in einem gemeinsamen Quartierskonzept zu koordinieren. Hier geben die Wärmenutzungsplanung und ein Sanierungsfahrplan für Gebäude und Quartiere langfristige Planungssicherheit.

Auf diese Herausforderungen muss jede Kommune eigene Antworten finden. Einen Königsweg für den Pfad einer Kommune auf dem Weg zum Klimaschutzziel 2050 gibt es nicht. Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten und Zielen kann der Pfad z.B. in Richtung «mehr Effizienz» oder «mehr erneuerbare Energien» ausgerichtet sein. Während in kleineren Kommunen häufig die 100-prozentige Versorgung mit erneuerbaren Energien (z.B. als Bioenergiedorf) im Vordergrund steht, gehen größere Kommunen verstärkt über den Effizienzpfad (z.B. Passivhaussiedlungen).

Wie Abbildung 1 (unten und S. 27) zeigt: Beide Wege führen zum Ziel einer 80- bis 95-prozentigen Treibhausgasemissionenminderung.



Das Ziel eines *Bioenergieorfes* ist in der Regel die 100-prozentige Wärme- und Stromversorgung durch erneuerbare Energien (Konsistenzpfad). Effizienzeffekte, z.B. durch Austausch alter Heizkessel, treten zwar auf, werden in der Regel aber nicht offensiv gefordert. Da der Aufbau eines Wärmenetzes Voraussetzung für die schnelle Umsetzung des 100-Prozent-Zieles ist, sind aufwändige Dämmstrategien kurzfristig auch nicht umsetzbar. In der Energiezentrale wird günstigenfalls Strom und Wärme gleichzeitig erzeugt (z.B. über ein Blockheizkraftwerk, das mit Biogas vom benachbarten Bauern gespeist wird).

Leider ist das Modell nicht auf alle Kommunen übertragbar. Das Biomassepotenzial in Deutschland liegt für den Gebäudebereich bei maximal 20 Prozent des Wärmebedarfes von Gebäuden. Die verfügbare Biomasse würde bei Weitem nicht reichen, um alle Gebäude in Deutschland mit Wärme zu versorgen.

Um die nationalen Klimaschutzziele in der Fläche zu erreichen, müssen auch Bioenergiedörfer mittel- und langfristig Effizienzstrategien verfolgen. Das kann z.B. durch nachträgliche Dämmung der Gebäude erfolgen. Soll die Biomasse bis 2050 vorwiegend anderen Sektoren zur Verfügung stehen, muss sie sogar durch andere Energien (Abfallwärme, Geothermie, Solarthermie) ersetzt werden.

Die Errichtung eines *Passivhausquartiers* stellt aus heutiger Sicht das Optimum eines Effizienzpfades im Gebäudebereich dar. Der Heizwärmeverbrauch wird gegenüber Neubaustandards um mindestens 70 Prozent gesenkt. Zusammen mit einem Solaranteil von 15 Prozent wird auch hier das langfristige Klimaschutzziel 2050 im Wärmebereich erreicht. Der Passivhausstandard kann allerdings im Bestand auf Grund verschiedener Einschränkungen nicht immer erreicht werden. Um die Klimaschutzziele zu erreichen, muss die geringere Gebäudeeffizienz durch erhöhten Einsatz von erneuerbaren Energien ausgeglichen werden.

Soll der Anteil erneuerbarer Energien im Wärmesektor steigen, ist auch der *Ausbau der Wärmenetze* im Rahmen der Langfristziele unbedingt notwendig. Das Beispiel Dänemark zeigt auf, dass Wärmenetze die Integration erneuerbarer Energien befördern. In Zukunft wird es nötig sein, alle zur Verfügung stehenden Energiequellen zu nutzen, um von fossilen Energieträgern unabhängig zu werden. Zentrale Energieanlagen mit Wärmenetzen sind für alle Effizienztechnologien offen und eignen sich besonders für den großvolumigen Einsatz erneuerbarer Energien und sonstiger primärenergiesparender Energien. Teilweise können manche Energien, wie z.B. die Wärme aus Strohverbrennung, Tiefengeothermie, Industrieabwärme oder Müllheizkraftwerken, aus technischen Gründen nur in zentralen Anlagen genutzt werden. Zum Teil ist die Nutzung dann, gegenüber Einzelversorgung, deutlich effizienter und kostengünstiger. In Gebieten, die nicht für Wärmenetze geeignet sind, steht die Verringerung des Verbrauchs und eine weitgehende Deckung über Solarenergie im Vordergrund. Der Restwärmebedarf wird dann entweder durch Biomasse oder Wärmepumpen (Strommix zukünftig überwiegend erneuerbar) gedeckt.

Schon bei der Stromwende, die seit 1990 vor allem durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz gefördert wurde, hatten Kommunen durch ihr Engagement auf lokaler Ebene einen erheblichen Anteil an der Umsetzung. Die Umsetzung der Wärmewende ist noch stärker von der Unterstützung auf kommunaler Ebene abhängig, da der Umbau der Wärmeversorgung nicht einfach durch Änderung der Stromerzeugung an anderer Stelle (z.B. Windkraftanlagen in Schleswig-Holstein) betrieben werden kann. Wärme wird auf regionaler Ebene erzeugt und verteilt. Sowohl die Entwicklung von Effizienz- und Suffizienzstrategien als auch der Umstieg auf eine weitgehend erneuerbare Wärmeversorgung kann nur in enger Zusammenarbeit mit den Bürger/innen vor Ort erfolgen.

Bei der Umsetzung der Wärmewende spielt die regionale Planungsebene eine wichtige Rolle. Für den Auf- oder Ausbau von Wärmenetzen sind klassische Akteure wie die Stadtwerke genauso notwendig wie Bürgerenergiegenossenschaften.

Die *koordinierende Rolle der Kommune* bei der Stadt- und Quartiersplanung muss allerdings noch deutlich gestärkt werden, da nur so die übergeordneten Ziele der Wärmewende verfolgt und kontrolliert werden können. Eine Kommune braucht deswegen eine Planung, in dem die Möglichkeiten der lokalen Wärmewende beleuchtet und Strategien und Maßnahmen mit allen Akteuren gemeinsam entwickelt werden. Diese Planung geht weit über Versorgungskonzepte von Einzelgebäuden hinaus, sondern verknüpft Einzelfälle im Rahmen von Konzepten für Quartiere oder der ganzen Kommune.

Bei der Umsetzung der Wärmewende *nimmt die Kommune unterschiedliche Rollen ein*:

- 1. Die Kommune als Verbraucherin und Vorbild.** Vorzeigeobjekte bei Versorgungsoptionen gepaart mit hocheffizienten Sanierungen bei den eigenen Liegenschaften zeigen den übrigen Akteuren auf, dass anspruchsvolle Optionen möglich und wirtschaftlich sein können. Darüber hinaus ergibt sich die Möglichkeit, dass die Kommune aus einem Nahwärmenetz mit kommunalen Liegenschaften auch weitere Einrichtungen und Wohngebäude versorgt, so dass ein Initial für eine hocheffiziente Wärmeversorgung in diesem Quartier entstehen kann.
- 2. Die Kommune als Planerin und Reguliererin.** Fachämter haben viele Möglichkeiten, die Wärmewende voranzubringen. Neben administrativen Maßnahmen kann die Kommune über privatwirtschaftliche Verträge Sanierungs- und Versorgungsstandards festlegen. Die Ausweisung von Vorranggebieten für erneuerbare Energien wird in den Ländern unterschiedlich geregelt.
- 3. Die Kommune als Versorgerin und Anbieterin.** Besitzt die Kommune Anteile an Wohnungsbaugesellschaften oder Energieversorgern, kann sie über ihr Stimmrecht Wärmewende fördernde Aktivitäten strategisch festlegen. Sie profitiert dann direkt von den unten beschriebenen Vorteilen ihrer Beteiligungsgesellschaften.
- 4. Die Kommune als Beraterin und Promoterin.** Eine wichtige Aufgabe der Kommune ist es, lokale Akteur/innen zu vernetzen und gemeinsam mit ihnen Lösungen zu finden. Diese weichen Maßnahmen besitzen die größte Wirkungsbreite, da bei einer erfolgreichen Moderation der Kommune auch die größten Effekte generiert werden können. Die Kommune kann dabei als Vermittlerin auftreten und gemeinsam mit Energiebereitstellern und Energienutzern die bestmögliche Lösung diskutieren. Auch über Querschnittstellen wie Quartiers- oder Klimaschutzmanager kann die Kommune eine moderierende Rolle bei der Umsetzung einnehmen.

Für ein Gelingen der Wärmewende müssen weitere Ebenen (EU, Bund und Länder) mitarbeiten und sich gegenseitig ergänzen. Auf nationaler Ebene tragen bereits viele Instrumente zur Wärmewende bei (z.B. Energieeinsparverordnung [EnEV],

KfW-Förderprogramme «Energieeffizient Bauen» und «Energieeffizient Sanieren», das Marktanreizprogramm [MAP] als Förderprogramm für erneuerbare Energieträger im Wärmemarkt oder das EEWärmeG [Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz], das im Neubau einen bestimmten Anteil erneuerbarer Energie vorschreibt).

Auch in einzelnen Bundesländern wird die Wärmewende unterstützt. Ordnungsrechtliche Vorgaben macht z.B. das Erneuerbaren Wärmegesetz in Baden-Württemberg, Förderung von Wärmenetzen gibt es in Mecklenburg-Vorpommern und Information und flankierende Maßnahmen werden u.a. in Bayern und Schleswig-Holstein hochgehalten.

Wird die Wärmewende ähnlich ambitioniert wie die Stromwende betrieben, so sind dänische Traumwerte von mehr als 50 Prozent Wärme aus erneuerbaren Energien auch in Deutschland mittelfristig umsetzbar. Der Nachholbedarf ist allerdings unübersehbar, wenn man die Situation in Dänemark ansieht:

- Die Einpreisung langfristiger externer Umweltkosten der Energieerzeugung erfolgt in Dänemark über eine deutlich höhere Besteuerung fossiler Energieträger (in Dänemark rd. 3 Ct/kWh z.B. bei Gas und etwas über 4 Ct/kWh bei Heizöl – zzgl. 25% MwSt.).
- In Dänemark laufen die Lizenzen zur Kohleverfeuerung bis zum Jahr 2030 aus. Dadurch können sich alternative Systeme mit KWK und erneuerbaren Energien ausbreiten.
- Während in Deutschland die KWK in den letzten Jahren stagniert und sogar Gaskraftwerke aus dem Markt gedrängt werden, zeigt Dänemark, dass KWK-Kraftwerke durch eine flexiblere Betriebsweise und eine angemessene Infrastruktur weiterhin ein Rückgrat der Wärmeversorgung darstellen können.
- Durch das Verbot zur Erwirtschaftung von Gewinnen in Wärmenetzen konnten die Wärmenetze stark ausgebaut und die Wärme kostengünstig angeboten werden. Dieser Ansatz könnte über Genossenschaften auch in Deutschland genutzt werden.
- Die niedrigen Vor- und Rücklauftemperaturen in den dänischen Wärmenetzen erlauben eine effiziente Einspeisung von Wärme aus erneuerbaren Energien, Umwelt und Abfallwärme mit geringen Netzverlusten.
- Der Bau von großen Kollektorflächen und deren Integration in ein bestehendes Wärmenetz ist im Prinzip einfach und deutlich kostengünstiger als Kollektoren auf Einzelgebäuden. Dabei werden auch saisonale Speicherkonzepte und Kombinationen mit Wärmepumpen erprobt.

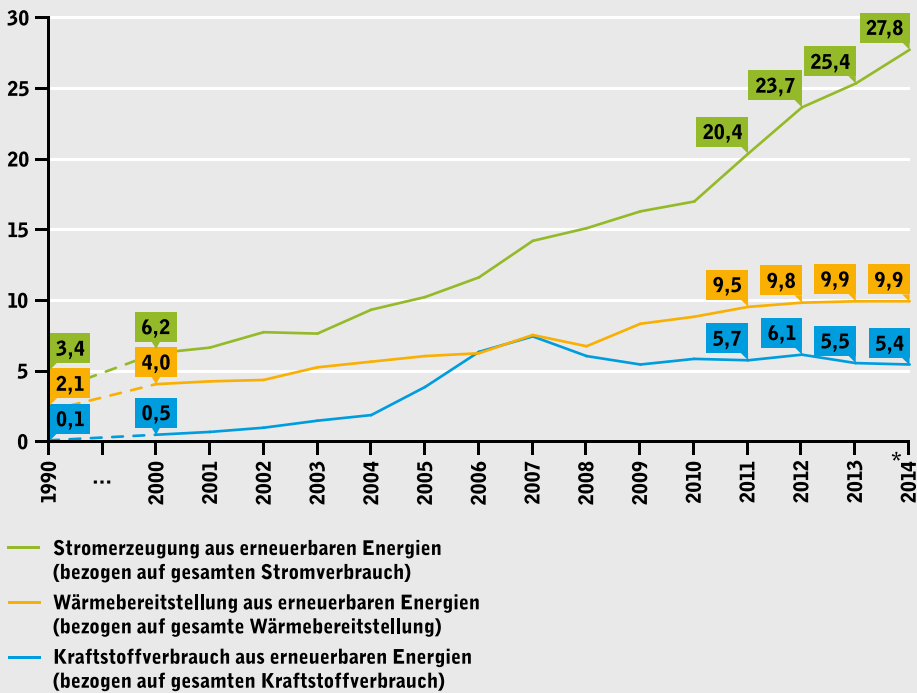
Viele konkrete kommunale Beispiele im Leitfaden, von verschiedenen Bioenergie-dörfern über Wärmewende in Wohngebieten und Quartieren bis hin zur Wärmenutzungsplanung als städtisches Gesamtkonzept zeigen: Die Wärmewende hat, jedenfalls in Kommunen, schon begonnen.

1 Die Zukunft der Wärmeversorgung in Deutschland

1.1 Ziele und Szenarien

Um die globale Erwärmung auf maximal 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, hat sich die Bundesregierung im Kontext der Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls weitreichende Ziele zur Reduktion von Treibhausgasen gesetzt. Gegenüber 1990 sollen diese bis 2020 um mindestens 40 Prozent und bis 2050 sogar um 80 bis 95 Prozent gesenkt werden. Das soll vor allem durch

Abb.2: Prozentualer Anteil erneuerbarer Energien am Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereich in Deutschland



Quelle: BMWi 2015

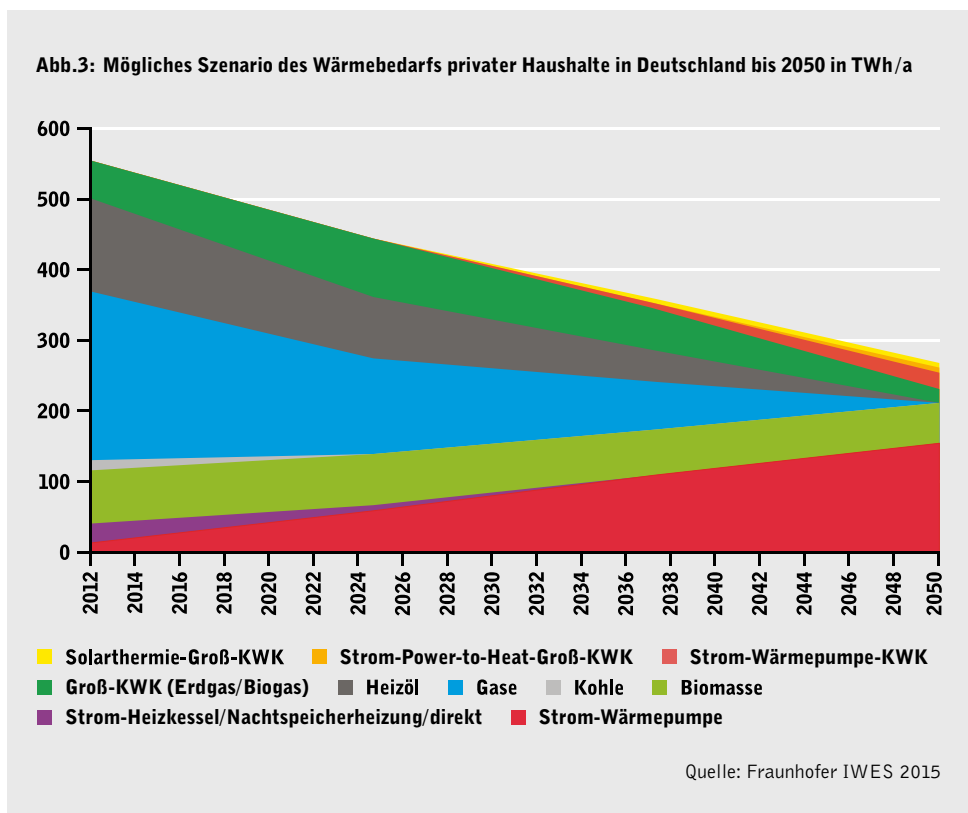
den Ausbau erneuerbarer Energien und eine Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden. Diese Ziele sind im Energiekonzept von 2010 festgeschrieben.

Die «German Energiewende»¹ bezieht sich vorwiegend auf den Stromsektor. Die Welt blickt auf Deutschland: Wie schaffen es die Deutschen, ihre Stromerzeugung langfristig sowohl ohne Atomenergie als auch ohne fossile Brennstoffe zu betreiben?

Seit der Einführung einer Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Quellen hat sich der Anteil der erneuerbaren Energien im Stromnetz auf über 25 Prozent gesteigert. Im Wärmebereich ist der Anteil heute allerdings deutlich niedriger und stagniert auch in den letzten Jahren (Abbildung 2).

Um die langfristigen Klimaschutzziele erreichen zu können, muss die Entwicklung hier deutlich forciert werden. *Zur Stromwende muss auch eine Wärmewende kommen.*

Der Anteil von Raumwärme, Prozesswärme und Warmwasser beträgt aktuell rund 56 Prozent² des deutschen Endenergieverbrauchs. Bei einer angestrebten



- 1 Geschichte und Grundzüge der «German Energiewende» sind in «Energy Transition» (www.energytransition.de) der Heinrich-Böll-Stiftung ausführlich dargestellt.
- 2 BMWi 2014, Energiedaten (www.bmw.de/BMWi/Redaktion/Binaer/energie-daten-gesamt,property=blog,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.xls)

Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 80 Prozent bis 2050 spielt somit die Wärmeversorgung eine wichtige Rolle.

Um eine möglichst effiziente Nutzung der Energieträger und speziell fluktuierender erneuerbarer Energien zu gewährleisten, muss es eine stärkere Verzahnung des Strom- und Wärmesektors sowie der Strategien im Bereich Effizienz und dem Ausbau der erneuerbaren Energien geben. Abbildung 3 zeigt beispielhaft einen möglichen Entwicklungspfad für den Wärmebereich der privaten Haushalte bis 2050 auf.³

Der Energieverbrauch wird hier halbiert und die fossilen Energieträger sind in diesem Szenario bis 2050 fast verschwunden. Es kommt zu einem Aus- und Umbau von Wärmenetzen zu Netzen mit niedrigen Vor- und Rücklauftemperaturen, die gut geeignet sind, um Wärme aus Solarthermie, Abwärme aus Industrie, aber auch Umweltwärme aus strombetriebenen Wärmepumpen aufzunehmen. In diesem Szenario bleibt der Biomasseeinsatz fast konstant, wird aber auf Bestandsgebäude fokussiert. Die Solarthermie wird vor allem in großen Einheiten genutzt und in Wärmenetze eingespeist. Die fossilen Energieträger Kohle und Heizöl sind 2050 komplett verschwunden. Erdgas wird noch in geringen Anteilen im Rahmen von KWK-Prozessen eingesetzt und ist auch noch geringfügig im Stromeinsatz enthalten.

In die Wärmenetze sind Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) mit anderen Wärmeerzeugern und Wärmespeichern vernetzt. Dadurch kann flexibel auf die fluktuierende erneuerbare Stromerzeugung reagiert werden. Das oben gezeigte Szenario ist kostenoptimiert, d.h. im Vergleich zu anderen Szenarien weist es die geringsten CO₂-Vermeidungskosten auf. Allerdings zeigt es nur einen der möglichen Entwicklungspfade auf. Grundsätzlich sind in einem so langen Betrachtungshorizont auch andere Entwicklungen möglich.

Folgerichtig kommen die verschiedenen Studien zu den Strategien einer Wärmewende zu unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich der Rolle, die erneuerbare Energien und Energieeffizienz für die Zielerreichung haben werden. Einige strategische Schlussfolgerungen gelten aber szenarienübergreifend. Die heutige Sanierungsaktivität reicht nicht aus, um die Zielerreichung einer 80-prozentigen Primärenergieeinsparung herbeizuführen. Um keine Sanierungschancen zu vergeben, sollte nicht halbherzig energetisch modernisiert werden. Unter Berücksichtigung baukultureller und städtebaulicher Aspekte sollte immer nach einem «So gut wie möglich»-Grundsatz saniert werden, also mit hohen Bauteilqualitäten und hoher «Sanierungstiefe» (also Maßnahmen, die eine möglichst hohe Energieeinsparung bewirken, aber auch mit höheren Kosten verbunden sind). Für viele Anwendungsfälle, z.B. für Eigenheimbesitzer/innen oder für den Mietwohnungsbau in prosperierenden Ballungsräumen, stellt sich so eine Sanierung heute schon als wirtschaftlich dar. In anderen Fällen müssen flankierende Instrumente diese Maßnahmen unterstützen (siehe auch «Strategien zur Modernisierung» sowie ifeu und

3 www.energiesystemtechnik.iwes.fraunhofer.de/content/dam/iwes-neu/energiesystemtechnik/de/Dokumente/Presseinformationen/2015/Roadmap_W%C3%A4rme.pdf

WI 2009 und ifeu et al. 2013). Stehen hohe Potenziale aus erneuerbaren Energien oder aus Abwärme vor Ort zur Verfügung (z.B. Wärme aus einem Biogas-Blockheizkraftwerk oder Abwärme aus einem Industriebetrieb), bietet es sich ggf. an, als nächstes die Wärmeversorgung zu optimieren. Zu bedenken gilt allerdings, dass viele Bauteile eine Lebensdauer von dreißig und mehr Jahren haben und die Effekte einer suboptimalen Dämmmaßnahme sich daher lange auf Energieverbrauch und -kosten auswirken.

In allen Szenarien, die das Gebäudeziel erreichen, findet zudem ein deutlicher Umbau des Wärmeversorgungssystems statt. Der Bereitstellungsanteil von Gas- und Öl-Brennwert/Niedertemperaturkesseln geht deutlich zurück. Welche Art von Wärmeversorgung die grundsätzlich «beste» ist, kann aber aus den Szenario-Untersuchungen nicht abgeleitet werden. Hier hat jedes Szenario eine andere Philosophie. Die Ergebnisse des oben gezeigten, aus Kostensicht optimierten nationalen Szenarios können zudem nicht pauschal auf die kommunale Ebene übertragen werden. Hier gibt es viele lokale Rahmenbedingungen, die sich von den nationalen unterscheiden. Der Einzelfall entscheidet: Gerade Kommunen haben hier die Möglichkeit, im Rahmen einer «strategischen Wärmeplanung» zu analysieren, welche Energieträger idealerweise zum Einsatz kommen sollten, welche Effizienzziele anzustreben sind und wie Wärmenetze auf kommunaler Ebene auf- oder ausgebaut werden können.

Während im Bereich der Sanierung und der Wärmenetze Zeitfenster von 30 bis 50 Jahren zu beachten sind, ist es im Bereich der Einzelversorgung von Gebäuden durch Heizkessel bei Investitionszyklen von 15 bis 20 Jahren möglich. Deswegen ist es auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten kein Problem, einmal getroffene Entscheidungen bis 2050 nochmals zu revidieren.

1.2 Die Politik der Wärmewende

Vor der Entdeckung fossiler Lagerstätten war die Wärmeversorgung erneuerbar und fußte auf der, teilweise nachhaltigen, Waldbewirtschaftung. Im Zuge der Industrialisierung im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert wurden vor allem Kohle und Heizöl als Energieträger eingesetzt. Ziel war eine sichere und kostengünstige Versorgung der Industrie und der Bevölkerung mit Energie. Dabei wurden in den Großstädten Deutschlands die ersten Fernwärmenetze aufgebaut und dadurch Einzelfeuerstätten verdrängt.

Ab Mitte des letzten Jahrhunderts wurden, insbesondere in Westdeutschland, verstärkt Gasnetze ausgebaut, die im Wesentlichen Heizöl ersetzt haben. Die Fernwärmeheizwerke wurden weitgehend auf Kraft-Wärme-Kopplung umgebaut und, im Zuge der öffentlichen Diskussion um das Waldsterben und den Smog in Großstädten, mit Schwefel-, Stickoxid- und Staubfiltern nachgerüstet. In ländlichen Gebieten haben sich seit den 90er Jahren die ersten Bioenergiedörfer etabliert und teilweise auch eine 100-prozentige Strom und Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien umgesetzt.

Im Wärmeeffizienzbereich hat insbesondere die Ölkrise Anfang der 1970er Jahre Impulse für Effizienzvorgaben im Gebäudebereich gesetzt. Im Wärmebereich wurden

die ersten Anforderungen der Wärmeschutz- und Heizanlagenverordnung und ab 2002 der Energieeinsparverordnung (EnEV) bis heute stetig erhöht.

Seit den 1990er Jahren konzentriert sich die Zielsetzung der Wärmepolitik in Deutschland auf den Gebäudesektor und die Verbesserung der Dämmstandards. Anfang des Jahrtausends kamen der Ausbau erneuerbarer Energieträger im Wärmemarkt sowie die Kraft-Wärme-Kopplung hinzu. Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung konnte allerdings nicht, wie geplant, verdoppelt werden. In der KWK-Strategie des Bundes war zunächst eine Erhöhung des Anteils der Stromerzeugung aus Anlagen, die in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden, auf mindestens 25 Prozent bis 2020 vorgesehen. Durch die 2002 im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz festgelegte Einspeisevergütung konnte der Anteil der KWK an der Stromerzeugung auf rund 15 Prozent im Jahr 2010 gesteigert werden. Während die Förderung in den KWK-G-Novellen 2009–2012 auf Wärmenetze, selbst genutzte Strom sowie Wärme- und Kältespeicher ausgedehnt wurde, ist in der aktuell diskutierten Novelle des KWK-G zum 1.1.2016 eine Reduktion des KWK-Ausbaus unter Aufgabe des 25 Prozent-Ziels vorgesehen. Aufgrund der Koppelung der Einspeisevergütung an den seit längerer Zeit sinkenden Strompreis, lassen sich viele der KWK-Anlagen mit einer Mindestlaufzeit von 5.000 Volllaststunden pro Jahr trotz Förderung kaum noch wirtschaftlich betreiben. In Anbetracht der ebenfalls angestrebten Reduktion des Wärmeverbrauchs im Gebäudesektor, sollen KWK-Anlagen stärker zur flexiblen Stromerzeugung und Deckung der verbleibenden Wärmenachfrage eingesetzt werden.

Die derzeitige Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung macht keinen Unterschied bei den Energieträgern. Damit wird auch Kohle-KWK gefördert, die erhebliche negative Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen hat. Um hocheffiziente und flexible Gas-KWK als Brückentechnologie der Energiewende stärker zu fördern, müssen u.a. das KWK-G, aber auch der europäische Emissionshandel, angepasst werden.

In den Fernwärmnetzen, über die zurzeit etwa 10 Prozent des Wärmebedarfs in Gebäuden gedeckt werden, liegt der Anteil fossiler Energien bei etwa 85 Prozent. Er ist damit noch weit entfernt von einer erneuerbaren Zukunft, wie es die Entwicklung im Strombereich skizziert.

Das Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 sieht vor, den Wärmebedarf der Gebäude bis 2020 um 20 Prozent zu reduzieren und bis 2050 den Bedarf an nicht-erneuerbaren Energierohstoffen (Primärenergiebedarf) um 80 Prozent zu senken. Das sind zwei ambitionierte Ziele, die mit verschiedenen Instrumenten erreicht werden sollen. Die wichtigsten bundespolitischen Instrumente für eine Wärmewende sind:

- die **Energieeinsparverordnung (EnEV)**, die Mindestanforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle und der Anlagentechnik bei Neubauten und bei größeren Sanierungen von bestehenden Gebäuden stellt; die Anforderungen an Neubauten werden zum 1.1.2016 verschärft;
- die **KfW-Förderprogramme** «Energieeffizient Bauen» und «Energieeffizient

Sanieren», die umfassende Bestandssanierungen, energieeffiziente Neubauten und Einzelmaßnahmen fördern;

- das **Marktanreizprogramm (MAP)** als Förderprogramm für erneuerbare Energieträger im Wärmemarkt, beispielsweise Solarkollektoren, Biomassekessel, effiziente Wärmepumpen und Wärmenetze sowie
- das **EEWärmeG (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz)**, das im Neubau einen bestimmten Anteil erneuerbarer Energie vorschreibt; zurzeit wird überlegt, ob eine Zusammenführung EnEV und des EEWärmeG sinnvoll wäre;
- das **Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)** fördert Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Wärmespeicher; die für 2016 geplante Novelle soll stärker auf die flexible Stromerzeugung und die Deckung der verbleibenden Wärmenachfrage ausgerichtet werden;
- verschiedene **Informations- und Beratungsprogramme**.

Mit dem bisherigen Instrumentarium werden Fortschritte im Bereich der Wärmewende erreicht – aber nicht im erforderlichen Ausmaß. Im Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz sind daher weitere gebäudebezogene Maßnahmen definiert, etwa eine wichtige Ausweitung der KfW-Förderung auf Nichtwohngebäude, eine Verbesserung der Energieberatung, eine Energiekennzeichnung für Altheizungen und Heizungschecks, die zu einem Modernisierungsschub für Heizungen führen sollen. Leider ist eines der größeren Instrumente, die steuerliche Förderung von Sanierungsmaßnahmen, am Widerstand einzelner Bundesländer gescheitert.

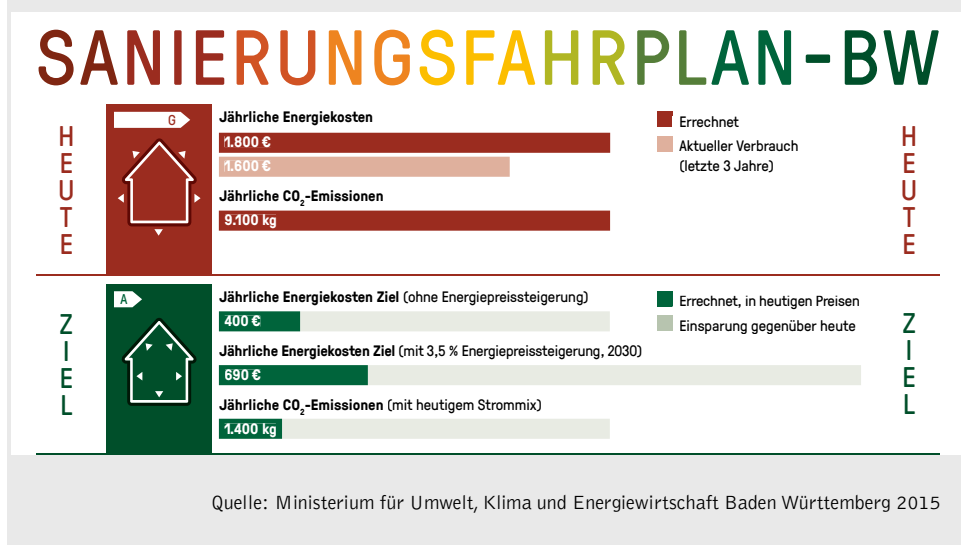
Es bleibt nach wie vor eine Handlungslücke – neue Instrumente müssen die Effizienzstrategie Gebäude definieren. Dabei ergeben sich verschiedene Handlungsfelder, in denen nachjustiert werden muss: deutlich verbesserte finanzielle Anreize, aber ggf. auch Preisinstrumente; Veränderungen im Mietrecht und für Transfergeldempfänger; Anpassungen im Ordnungsrecht, eine verbesserte Information und Transparenz, aber auch einfachere Zugänge zu professionellen Ansprechpartnern, etwa durch regionale Sanierungsnetzwerke, die hochqualifizierte Handwerker/innen und Energieberater/innen durch überzeugende Kommunikationskampagnen miteinander verbinden.

1.3 Wärmewende in den Bundesländern

Auch einzelne Bundesländer haben Instrumente zur Wärmewende entwickelt, die von ordnungsrechtlichen Maßnahmen über Förderung bis zu Informationsportalen reichen. Dazu ein paar exemplarische Beispiele, allem voran Baden-Württemberg, das als einziges Bundesland im Gebäudebestand einen bestimmten Anteil regenerativer Wärme im Falle einer notwendigen Modernisierung der Heizanlage ordnungspolitisch vorschreibt:

- Regulatorische Maßnahmen: EEWärmeG in Baden-Württemberg
- Finanzielle Förderung: Förderung von Wärmenetzen in Mecklenburg-Vorpommern
- Information und flankierende Maßnahmen: Bayern und Schleswig Holstein

Abb.4: Sanierungsfahrplan Baden-Württemberg (Auszug)



In **Baden-Württemberg** soll bis 2020 der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung auf 16 Prozent verdoppelt werden. Dazu wurde Ende 2007 das Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) beschlossen und im Jahr 2015 novelliert. Das Gesetz galt zunächst nur für Wohngebäude und schrieb ursprünglich vor, dass im Gebäudebestand immer dann, wenn ein Heizungs Austausch stattfindet, ein Mindestanteil von 10 Prozent des Wärmebedarfs aus erneuerbaren Energien stammen muss. Der Anteil erneuerbarer Wärme wurde in der Novelle 2015 auf 15 Prozent erhöht. Diese Bedingung gilt als erfüllt wenn z.B. ein Solarkollektorfeld mit einer Größe von 7 Prozent (1-2-Familienhaus) bzw. 6 Prozent (Mehrfamilienhaus) der Wohnfläche oder eine elektrische Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von mindestens 3,5 installiert ist. Es gibt auch eine Reihe von Ausnahmetatbeständen bzw. alternative Optionen, mit der Gebäudeeigentümer/innen die gesetzliche Auflagen erfüllen können. Als ersatzweise Erfüllung gelten z.B. die Unterschreitung der Anforderungen EnEV um mindestens 20 Prozent, die Versorgung über KWK bzw. die Anbindung an ein Wärmenetz. Es wird zudem der Aspekt eines gebäudeindividuellen energetischen Sanierungsfahrplans (siehe auch Abbildung 4) in das Gesetz aufgenommen, um eine Verbindung zwischen dem gebäudebezogenen Wärmebedarf und einer energetischen Gesamtbetrachtung des Gebäudes herzustellen. Statt 15 Prozent der Wärme durch Erneuerbare bereitzustellen, kann man ersatzweise auch einen Sanierungsfahrplan für das Gebäude erarbeiten lassen. Dann müssen nur noch 10 Prozent der Wärme aus erneuerbaren Quellen kommen.

Gebäudeeigentümer/innen werden außerdem darauf hingewiesen, dass Effizienzziele (Gebäudedämmung und KWK) mit dem Ausbauziel erneuerbarer

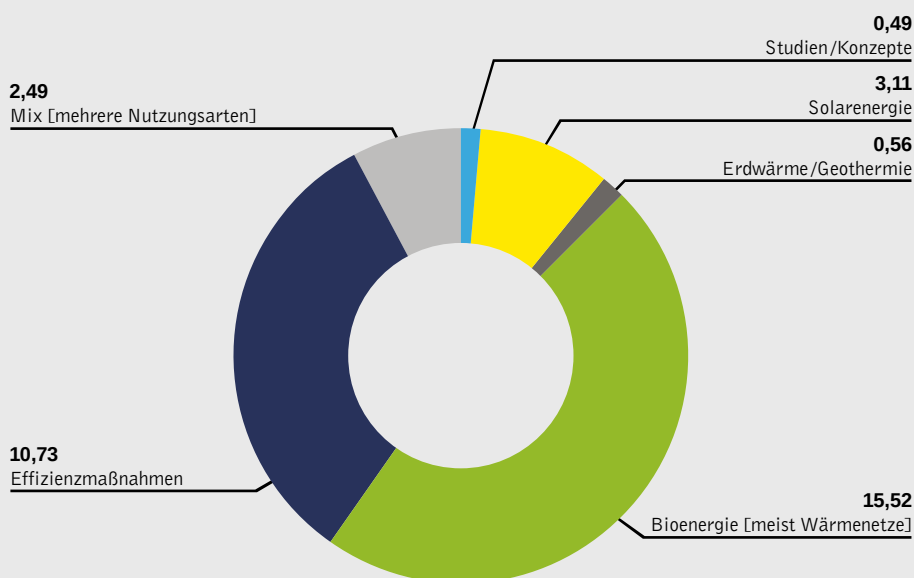
Energien im Zusammenhang betrachtet werden sollen. Zusammen mit der Begünstigung von Wärmesystemen über die EnEV durch die niedrigen Primärenergiekennwerte führt das dazu, dass auch die Planer/innen von Einzelobjekten den Fokus stärker auf die Anbindung an Wärmenetze legen. Seit 2015 werden im Wärmegesetz zusätzlich auch private und öffentliche Nichtwohngebäude einbezogen.

Insgesamt soll das EWärmeG Bauherren von der reinen «Ersatzplanung» einer Einzelfeuerstätte zu einer langfristigen pfadoffenen Sanierungsplanung der Gebäude führen.

In **Mecklenburg-Vorpommern** wurden und werden aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) im Rahmen von Klimaschutzförderrichtlinien finanzielle Unterstützungen zur Realisierung von Energieeffizienzvorhaben und von Projekten zur Nutzung erneuerbarer Energien bereitgestellt. Im Förderzeitraum 2007–2013 standen dazu 32 Millionen Euro für Zuschüsse bereit (siehe auch Abbildung 5). Davon wurden mehr als 380 Projekte mit einer Gesamtinvestitionssumme von 126 Millionen Euro umgesetzt.

Insgesamt stehen in der neuen EFRE-Strukturfondsperiode 2014–2020 für die neuen Richtlinien 58 Millionen Euro zur Verfügung.⁴

Abb.5: Zuschüsse in Mecklenburg-Vorpommern von 2007 bis 2014 in Mio. Euro



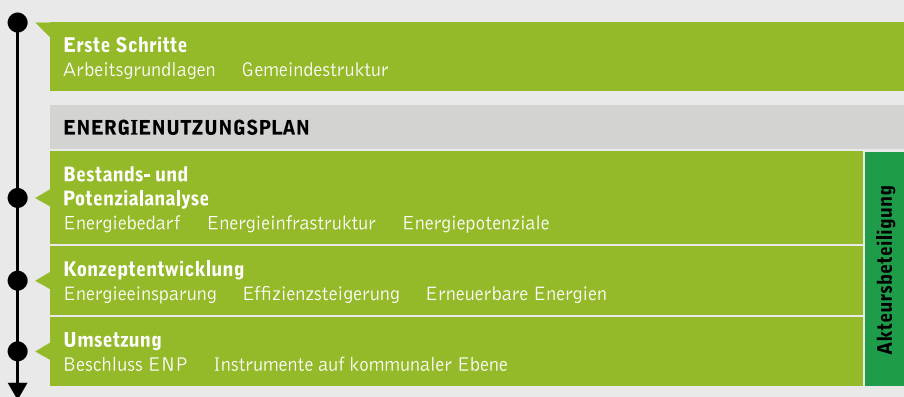
Quelle: EM Mecklenburg-Vorpommern

⁴ Unter dem Link www.lfi-mv.de des Landesförderinstituts Mecklenburg-Vorpommern sind die Klimaschutz-Förderrichtlinien und die Antragsformulare abrufbar.

Gefördert werden Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Verbesserung der Energieeffizienz, Maßnahmen zum Einsatz regenerativer Energien zur Wärmenutzung, Infrastrukturmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien, Maßnahmen zum Einsatz alternativer nicht-fossiler Kraftstoffe und Antriebe (z.B. auch Elektromobilität), Vorplanungsstudien zur Vorbereitung solcher Maßnahmen sowie Studien/Gutachten zum Aufbau lokaler, regenerativer Energieversorgungsstrukturen und Energiemanagementuntersuchungen. Auf Information und flankierende Maßnahmen setzen u.a. die Länder Bayern und Schleswig-Holstein.

Mit dem Energie-Atlas **Bayern** bietet die Bayerische Staatsregierung ein zentrales Internet-Portal zum Energiesparen, zur Energieeffizienz und zu erneuerbaren Energien an. Das Portal stellt in Form von eng miteinander verzahnten, interaktiven Karten und Texten zahlreiche Informationen für Bürger, Kommunen, Behörden, die Wirtschaft und Planer kostenlos bereit. Zusätzlich wird für jede der großen erneuerbaren Energieformen ein eigener Abschnitt mit breit gefächerten Informationen wie Grundlagen, Praxisbeispiele in Bayern und Fördertipps bereitgestellt.

Abb.6: Phasen bei der Erstellung eines Energienutzungsplanes



Quelle: nach StMUG Bayern 2010

Der Energie-Atlas Bayern wird ergänzt durch den Leitfaden Energienutzungsplan.⁵ Ein Energienutzungsplan (ENP) ist ein informelles Planungsinstrument für Gemeinden zum Thema Energie. Der Leitfaden stellt die Vorgehensweise bei der Erstellung eines Energienutzungsplans zusammenfassend dar und gibt Mitarbeitern in Kommunen und Ingenieurbüros eine methodische Anleitung für die Erstellung und Umsetzung ganzheitlicher energetischer Konzepte und Planungsziele. Gegenüber

⁵ www.energieatlas.bayern.de/kommunen/energienutzungsplan.html

dem vorliegenden Leitfaden Wärmewende der Heinrich-Böll-Stiftung geht der Energienutzungsplan detaillierter auf die Planungsprozesse ein und bildet daher eine gute Ergänzung bzw. Vertiefung.

Im Rahmen der 2014 etablierten Energie- und Klimaschutzinitiative Schleswig-Holstein (EKI SH) liegt der Fokus auf der Einbeziehung des ländlichen Raums. Während der Jahre 2014–2020 soll insbesondere die Umsetzung der Wärmewende auf kommunaler Ebene als Maßnahme der Strukturförderung im Rahmen des EFRE

Abb.7: Wärmenetzkarte Schleswig-Holstein



- A Wärmenetz mit zertifiziertem PF, mit Netzkarte
 - B Wärmenetz mit zertifiziertem PF, ohne Netzkarte
 - C Wärmenetz ohne zertifiziertem PF, mit Netzkarte
 - D Wärmenetz ohne zertifiziertem PF, ohne Netzkarte
 - E weiteres bekanntes Wärmenetz (evtl. geschlossen)
- PF = Primärenergiefaktor

Quelle: Innenministerium SH

unterstützt werden. Um den Kommunen den Einstieg in das Thema Wärmewende zu erleichtern, wird ein «Starterpaket Wärme» bereitgestellt, das u.a. folgende Informationsmaterialien beinhaltet:

- Die Energiewende im Wärmesektor – Chance für Kommunen (MELUR 2014a)
- Die kommunale Wärmeplanung (MELUR 2014b)
- Verschiedene Wärmewende-Info-Papiere zu Schwerpunktthemen

In diesen Broschüren werden die Ziele und Strategien der Wärmewende in Schleswig-Holstein beschrieben, Beispiele dargestellt und die planerischen Schritte aufgezeigt. In der Wärmenetzkarte des Landesportals Schleswig-Holstein (siehe Abbildung 7) werden alle bestehenden Wärmenetze übersichtlich zusammengefasst.

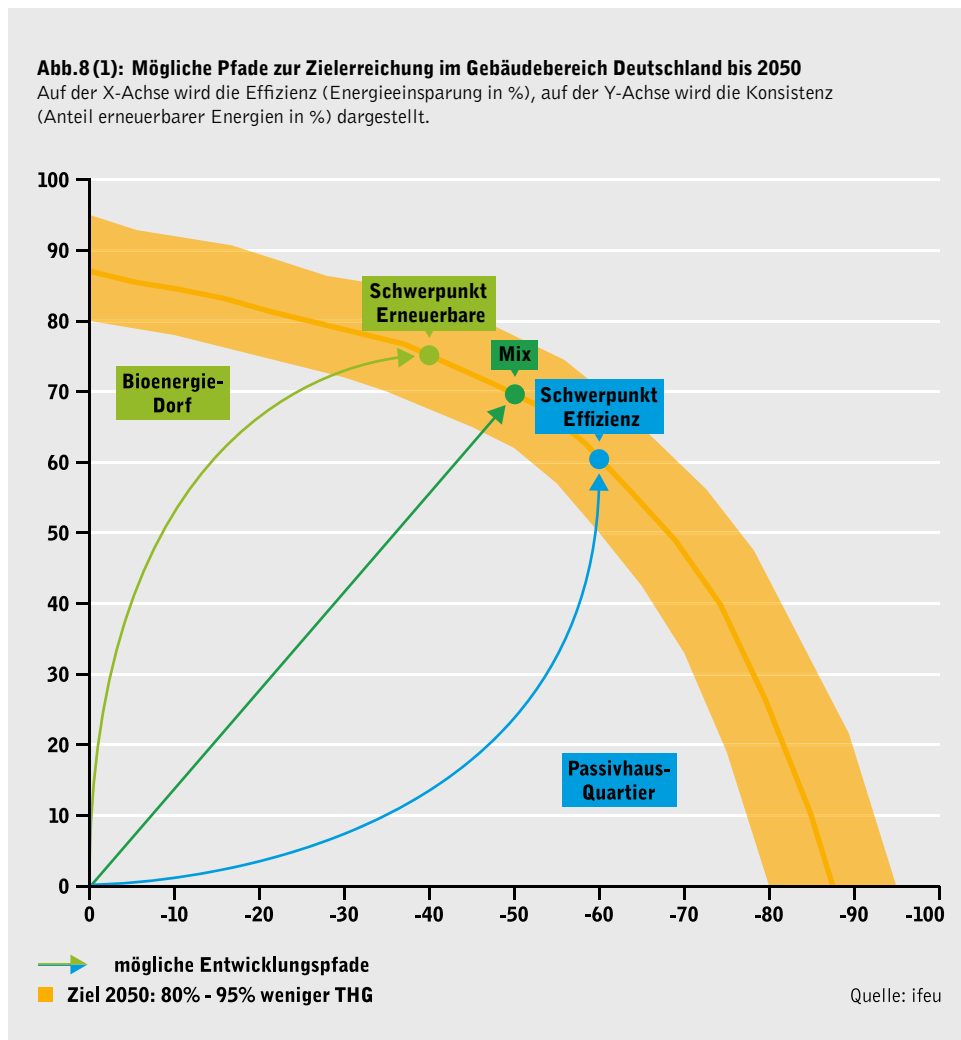
Schleswig-Holstein hat bisher keine eigene Förderkulisse oder ordnungsrechtliche Vorgaben verabschiedet. Der in den Broschüren formulierte Ansatz (siehe z.B. MELUR 2014a) geht im Wesentlichen davon aus, dass es 2050 bei einer prognostizierten Halbierung des Wärmeenergiebedarfes noch eine stattliche Anzahl von Gebäuden mit einem Wärmeenergiebedarf von mehr als $70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ geben wird. Damit kommt der «Decarbonisierung der Restwärmeversorgung» (MELUR 2014a: 9) eine maßgebliche Rolle zu, um die langfristigen CO_2 -Ziele erreichen zu können. Dafür ist es notwendig, möglichst viele Wärmeverbraucher über Wärmenetze zusammenzuschließen. Der Aufbau von Wärmenetzen bedeutet eine nachhaltige Umstrukturierung des derzeitigen Wärmemarktes, die die Beteiligung aller Akteure vor Ort fordert. Die Kommune kann hier idealerweise die koordinierende Funktion übernehmen.

Insbesondere durch die Nähe zum europäischen Musterland einer Wärmewende Dänemark (siehe Kapitel 1.5) können in Schleswig-Holstein auch viele innovative Impulse einer erneuerbaren Wärmeversorgung aufgegriffen werden.

1.4 Paradigmenwechsel im Wärmemarkt

Zurzeit findet ein Paradigmenwechsel bzgl. der Entwicklungsstrategien im Wärmemarkt statt. Die einseitige Fokussierung auf Effizienzsteigerung oder den Ausbau erneuerbarer Energien stößt an Grenzen. Bisher leicht zu erschließende Potenziale erneuerbarer Energien im Biomassebereich werden bundesweit knapper. Effizienzsteigerungen, z.B. durch die stetig höheren Anforderungen der Energieeinsparverordnung, greifen nicht in der geplanten Tiefe. Die Umsetzung der EnEV wird nur unzureichend überprüft und Reboundeffekte (z.B. der zunehmende Wohnflächenverbrauch) heben Teile der Einsparung wieder auf. Zudem ist auf kommunaler Steuerungsebene vielen Akteuren nicht klar, welche Versorgungsoptionen in Zukunft Chancen haben oder auch zukünftig von nationaler Seite aus gefördert werden. Schließlich können die Wärme- und Stromwende mittel- und langfristig nicht voneinander getrennt betrachtet werden. Der Wärmebereich wird zunehmend Anteile am «erneuerbaren Stromkuchen» benötigen. Die Speichertechnologien sowohl der Wärme- als auch der Stromseite müssen sich daher zunehmend ergänzen.

Wie bereits in Kapitel 1.1 dargestellt, sind auch die genauen Pfade auf dem Weg zum Klimaschutzziel 2050 nicht klar. Je nach Szenario und Akteur unterscheiden sie sich deutlich. Abbildung 8 zeigt dies plakativ auf. Dort ist der Zielkorridor einer 80- bis 95-prozentigen Treibhausgasminderung für den Gebäudesektor bis 2050 als Bogen dargestellt.



Der Weg dahin kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Je nach Strategie kann der Pfad mehr in Richtung Effizienz oder erneuerbare Energien bzw. Konsistenz⁶ ausgerichtet sein. Beide Pfade landen im Zielkorridor, gehen aber unterschiedliche

⁶ Konsistenz bedeutet dabei die konsequente Anwendung des Kreislaufprinzips. Erschöpfbare Energieträger werden durch erneuerbare Energiequellen ersetzt. Siehe www.ifeu.de/energie/pdf/poe126_Effizienz+Suffizienz.pdf

Wege und enden in verschiedenen Zielbereichen, je nachdem ob der Anteil Energieeinsparung oder Erneuerbare überwiegt. An zwei Extrembeispielen wird das erläutert.

Bioenergiedorf: Das Ziel eines Bioenergiedorfes ist in der Regel die 100-prozentige Strom- und Wärmeversorgung durch erneuerbare Energien (Konsistenzpfad). Effizienzeffekte, z.B. durch Austausch alter Heizkessel, treten zwar auf, werden in der Regel aber nicht offensiv gefordert. Da der Aufbau eines Wärmenetzes Voraussetzung für die schnelle Umsetzung des 100-Prozent-Zieles ist, sind aufwändige Dämmstrategien kurzfristig auch nicht umsetzbar. In der Energiezentrale wird günstigenfalls Strom und Wärme gleichzeitig erzeugt (z.B. über ein Blockheizkraftwerk, das mit Biogas vom benachbarten Bauern gespeist wird). Häufig wird auch nur ein Heizkessel installiert, der mit Holzhackschnitzel befeuert wird.

Das Bioenergiedorf erreicht das Klimaschutzziel 2050 im Wärmebereich schon heute. Wo ist also das Problem? Das Problem ist die unzureichende Verfügbarkeit der biogenen Brennstoffe. Das Biomassepotenzial in Deutschland liegt für den Gebäudebereich bei jährlich etwa 1.000 kWh/Einwohner. Damit könnten maximal 20 Prozent des Wärmebedarfes von Gebäuden über Biomasse bereitgestellt werden. Die verfügbare Biomasse würde bei weitem nicht reichen, um alle Gebäude in Deutschland mit Wärme zu versorgen. Langfristig ist die Biomasse zudem für andere Sektoren (vor allem Mobilität und industrielle Prozesswärme) erforderlich. Die Flächen, auf der die Biomasse angebaut wird, sind außerdem für Nahrungs- und Futtermittelanbau verloren. Ein gesteigerter Import von Biomasse für die Wärmeerzeugung würde dazu führen, dass in anderen Ländern mehr Wälder für die Holzproduktion genutzt werden müssen. Da es keine verbindlichen Nachhaltigkeitsstandards dafür gibt, besteht die Gefahr, dass nicht nachhaltige Waldnutzungen in anderen Ländern mit weniger strikten Bestimmungen als in Deutschland zunehmen werden. Dies kann den Kahlschlag von ökologisch wertvollen und bisher ungenutzten Wäldern in immer entlegeneren Regionen bedeuten (Gärtner et al. 2013).

Die heutige Konsistenzstrategie eines Bioenergiedorfes kann daher nicht verallgemeinert werden. Um die nationalen Klimaschutzziele in der Fläche zu erreichen, müssen auch Bioenergiedörfer mittel- und langfristig Effizienzstrategien verfolgen. Das kann z.B. durch nachträgliche Dämmung der Gebäude erfolgen. Soll die Biomasse langfristig anderen Sektoren zur Verfügung stehen, muss sie sogar durch andere erneuerbare Energien (Abfallwärme, Geothermie, Solarthermie) ersetzt werden.

Passivhausquartier: Die Errichtung eines Passivhausquartiers stellt aus heutiger Sicht das Optimum eines Effizienzpfades im Gebäudebereich dar. Der Heizwärmeverbrauch wird gegenüber dem Neubaustandard um mindestens 70 Prozent gesenkt. Zusammen mit einem Solaranteil von 15 Prozent wird auch hier das langfristige Klimaschutzziel 2050 im Wärmebereich erreicht. Im Gebäudebestand kann der Passivhausstandard allerdings auf Grund verschiedener Restriktionen oft nicht erreicht werden. Sowohl bauliche Gegebenheiten (Kellerhöhe, Durchfahrtsbreiten etc.) als auch der Denkmalschutz führen zu niedrigeren Dämmstandards. Tiefgreifende Sanierungen erscheinen Gebäudeeigentümer/innen häufig auch nicht wirtschaftlich. Um die Klimaschutzziele zu erreichen, muss dann die geringere Gebäudeeffizienz durch erhöhten Einsatz von erneuerbaren Energien ausgeglichen werden.

Auf Ebenen des Bundes, der Länder und Kommunen muss der effektivste Weg zum Klimaschutzziel 2050 gefunden werden. Klar ist, dass der reine Konsistenzpfad aus Ressourcengründen bis 2050 nicht umsetzbar ist. Auch den Effizienzpfad wird man nicht bereits heute radikal bis zum Ende gehen können. Effizienz und der Ausbau erneuerbarer Energien müssen sich ergänzen. Auf kommunaler Ebene ist der Pfad stark von den Ausgangsbedingungen abhängig. Sowohl die Siedlungsstruktur als auch die versorgungstechnischen Voraussetzungen unterscheiden sich zwischen und auch innerhalb von Kommunen erheblich. Darauf wird in Kapitel 5 noch eingegangen.

Ähnlich wie bei der Verzahnung von Effizienz und erneuerbaren Energien ist **der Ausbau der Wärmenetze** im Rahmen der Langfristziele unbedingt notwendig. Auch hier zeigen sich unterschiedliche Entwicklungstendenzen.

Historisch hatten Wärmenetze die Aufgabe, der Bevölkerung eine sichere, kostengünstige und vor Ort schadstoffarme Wärmeversorgung zu garantieren. Im Hinblick auf die langfristigen Klimaschutzziele ist die Fernwärmeversorgung in Deutschland allerdings nicht gut aufgestellt. Der Anteil erneuerbarer Energien an der Fernwärmeerzeugung liegt heute bei lediglich 10 Prozent. Zudem werden etwa 40 Prozent der Wärme mit Braun- oder Steinkohle erzeugt. Selbst wenn diese Fernwärme in Kraftwärmekopplung (KWK) erzeugt wird und damit gegenüber einer getrennten Erzeugung 10 bis 20 Prozent Primärenergie einspart, liegen die CO₂-Emissionen aus Kohle noch deutlich über denen eines normalen Gaskessels. Klar ist daher, dass die bestehende Fernwärmeversorgung zunehmend auf klimaschonende Energieträger, vor allem erneuerbare Energien, umgerüstet werden muss. Gas-KWK kann hier als Brückentechnologie fungieren. Doch brauchen wir Wärmenetze in Zukunft überhaupt noch?

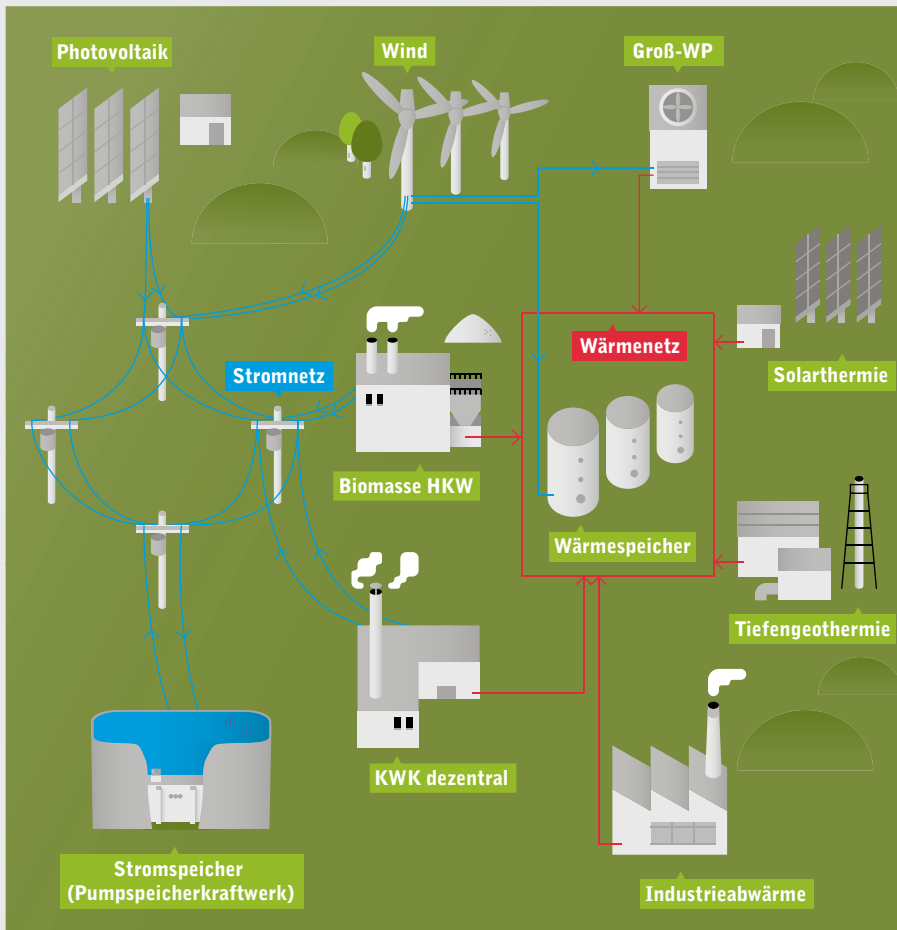
Das Beispiel Dänemark (siehe Kapitel 1.5) zeigt, dass Wärmenetze die Integration erneuerbarer Energien vereinfachen. Wie heute schon die Abwärme aus Industriebetrieben oder Müllheizkraftwerken können auch erneuerbare Energien (Geothermie, Solarthermie, Umweltwärme aus Großwärmepumpen) mittels Wärmenetzen kostengünstig vertrieben werden. Die Wärmenetze könnten eine ähnliche Rolle wie die Stromnetze spielen und Wärmemengen verschiedener Dienstleister aufnehmen.

Mit zunehmendem Anteil der erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung wird auch der Bedarf an Bereitstellungsleistung steigen. Hier kann das Fernwärmesystem flexibel reagieren, indem es einerseits KWK-Strom in Zeiten hoher Stromnachfrage zur Verfügung stellt und andererseits über Wärmespeicher garantiert, dass bei Stillstand der KWK genug Wärme in das Netz kommt. «Überschussstrom» kann, auch heute schon, als Wärme gespeichert werden (Power-to-heat).

Wärmenetze werden daher in Zukunft nicht nur für die Verteilung der Wärme, sondern auch für die Verzahnung mit der Stromseite ausgelegt sein. Abbildung 9 zeigt, angelehnt an die Studie «Fernwärme 3.0»⁷, mögliche prinzipielle Verzahnungsmöglichkeiten auf.

7 HIR Hamburg Institut Research gGmbH 2015 (www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/energie/150310_HHI-Studie-Fernwaerme.pdf)

Abb.9: Verzahnung der Strom- und Wärmesysteme



Quelle: HIR 2015, ergänzt durch ifeu; eigene Darstellung

Wärmenetze sind daher nicht überflüssig, sondern müssen weiter aus- und aufgebaut werden. Um langfristig etwa 30 Prozent des Wärmebedarfs aus Wärmenetzen zu decken, müssten sich die Anschlusszahlen etwa verdoppeln.

In Anbetracht der Notwendigkeit von Wärmenetzen bei der Umsetzung der Wärmewende spielt die regionale Planungsebene eine wichtige Rolle. Der Auf- oder Ausbau von Wärmenetzen kann nur in Kooperation mit den Akteuren vor Ort gelingen. Neben den klassischen Akteuren wie den Stadtwerken sind das zunehmend auch Bürgerenergiegenossenschaften.

Die koordinierende Rolle der Kommune bei der Stadt- und Quartiersplanung muss allerdings noch deutlich gestärkt werden, da nur so die übergeordneten Ziele der Wärmewende interessenunabhängig verfolgt und kontrolliert werden können.

Richtungssichere Entscheidung. Ähnlich wie bei privaten Bauherren, die häufig unterschiedliche Ratschläge für Neubau oder Sanierung der Gebäude von verschiedenen Interessensgruppen bekommen, werden auch Entscheidungsträger/innen in Kommunen mit deutlich abweichenden Empfehlungen und Strategien konfrontiert. Dies betrifft nicht nur die technische Auswahl der Energieversorgungssysteme und die oben angesprochene Priorisierung der Effizienz oder der erneuerbaren Energien, sondern auch den Zeithorizont der betrachteten Optionen und die Abstimmung der kommunalen Strategien mit übergreifenden Entwicklungen.

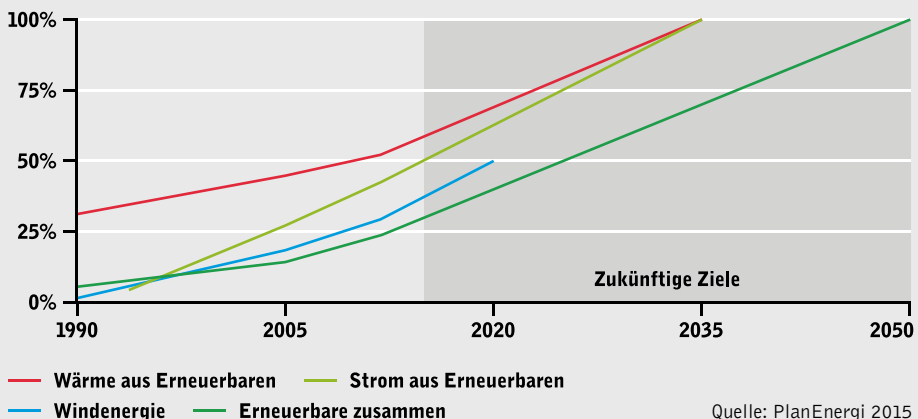
Um Fehlplanungen zu vermeiden, müssen daher richtungssichere Lösungen gefunden werden. Heutige Lösungen können nur umgesetzt werden können, wenn sie der langfristigen Zielerreichung nicht entgegenstehen. In Kapitel 5.3 werden dafür konkrete Wege plakativ aufgezeigt. Zuvor sollen aber bestehende Beispiele den heutigen Stand der Umsetzung der Wärmewende in Kommunen veranschaulichen. Allen voran das Musterland der Wärmewende: Dänemark.

1.5 Vorbild Dänemark

Nördlich von Schleswig-Holstein trifft man auf das europäische Musterland einer Wärmewende bzw. im Prinzip auch der Energiewende: Dänemark. Hier wurden in den letzten Jahrzehnten entscheidende Weichen für einen Umbau des Energiesystems gestellt.

Seit Beginn der Ölkrise 1970 versucht Dänemark unabhängiger von fossilen Brennstoffen zu werden. Bis heute besteht darüber ein großer Konsens in Politik und Gesellschaft, was zu einer großen Stabilität und Planbarkeit für Bürger/innen und Wirtschaft führt. 2035 soll der gesamte Strom- und Wärmebedarf aus

Abb.10: Ausbauziele für erneuerbare Energien in Dänemark bis 2050



erneuerbaren Energien gedeckt werden, 2050 soll in allen Sektoren einschließlich Verkehr die gesamte benötigte Energie ausschließlich aus erneuerbaren Quellen gewonnen werden.

Kraftwerke und Wärmenetze werden von kommunalen und meist genossenschaftlich organisierten Unternehmen betrieben, die alle erwirtschafteten Gewinne in den Ausbau und die Sanierung ihrer Anlagen reinvestieren müssen. Es gibt ein Verbot zur Erwirtschaftung von Gewinnen in Wärmenetzen. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Kund/innen durch die Bezahlung des Anschlusses an das Fernwärmenetz häufig Miteigentümer/innen des Netzes und der Kraftwerke werden. Diese Einbindung führt zu einer hohen Akzeptanz und Beteiligung an den dänischen Klimazielen und dem Umbau der Energieversorgung.

Durch eine mögliche (aber nicht immer ausgenutzte) Anschlusspflicht an das Wärmenetz in vielen Kommunen und durch ein landesweites Verbot für die Neuinstallationen von Ölheizungen liegt der Anteil der netzgebundenen Wärme an der gesamten Wärmeversorgung bei etwa 60 Prozent (Stand 2014).

Von den insgesamt 460 Fernwärmegesellschaften nutzen 250 Gas-KWK. Die Fernwärmepreise sind aufgrund des dänischen Wärmegesetzes reguliert. Fernwärmenetze mit Gas-KWK sind üblicherweise mit Wärmespeichern ausgestattet, die groß genug sind, um den Wärmebedarf in Zeiten niedriger Strompreise an der Börse – etwa bei hoher Windenergieeinspeisung – zu überbrücken.

Die hohen dänischen Energiesteuern, die auch im ländlichen Raum weit verbreiteten Wärmenetze, deren Errichtung und Erweiterung durch eine gesetzlich vorgeschriebene kommunale Wärmeplanung begünstigt wurde, und ein breiter, gesellschaftlicher und politischer Konsens zu anspruchsvollen nationalen Klimaschutzzielen haben dazu geführt, dass heute

- mehr als die Hälfte des Wärmebedarfs für Raumwärme und Warmwasser aus erneuerbaren Energien bereitgestellt wird,
- 63 Prozent der Wohnungen an Wärmenetze angeschlossen sind,
- der Anteil allein des Windstroms an der gesamten dänischen Stromerzeugung bei etwa 40 Prozent liegt.

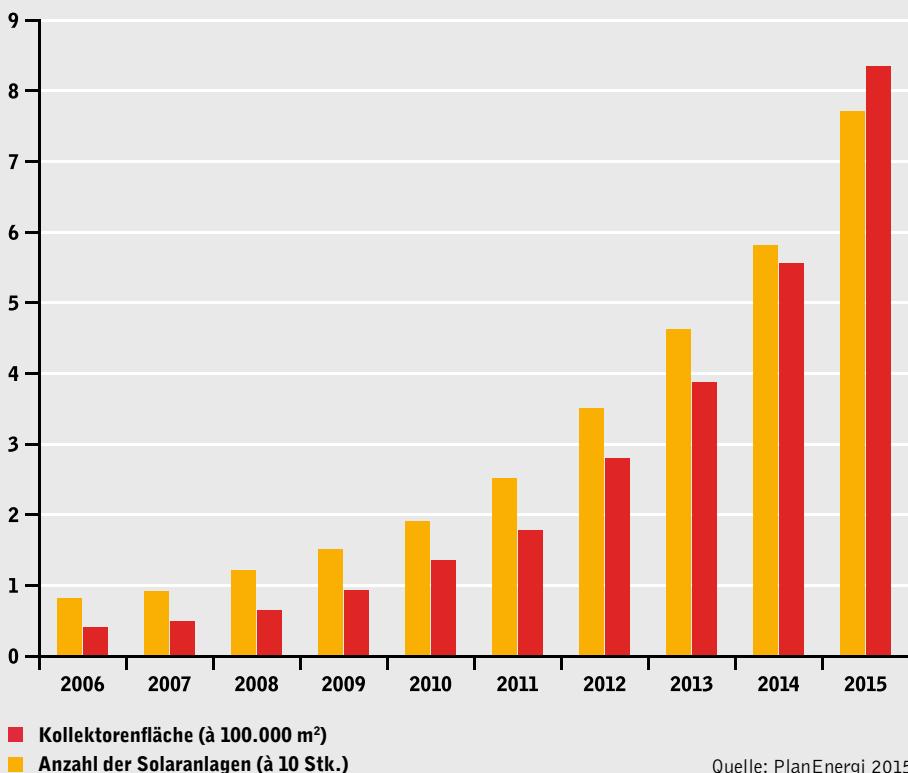
Aufgrund des inzwischen hohen Anteils an fluktuierendem Windstrom sind allerdings Anpassungen im dänischen Energiesystem nötig. Der bisher hohe Anteil an KWK-Strom und KWK-Wärme ist rückläufig. Die Auslastungen der KWK-Anlagen haben sich in den letzten Jahren deutlich verringert. Heute wird aus Spitzenlastkesseln mehr Wärme als aus KWK bereitgestellt. Auch durch große, mit Biomasse beheizte Anlagen nehmen der Absatz von Erdgas und damit auch die Steuereinnahmen ab. Es gibt daher Aktivitäten, die bisherige Befreiung von Biomasseanlagen von der Energiesteuer aufzuheben, auch deshalb, weil große Mengen an Energieholz, insbesondere Pellets, kostengünstig aus dem Ausland importiert werden.

Da die KWK-Anlagen immer seltener laufen können, wird zunehmend Wärme aus Sonne genutzt. Seit dem Jahr 2008 gibt es in Dänemark einen Boom beim Zubau von großen solar-thermischen Kollektorfeldern für die Einspeisung in bestehende

Fernwärmenetze. Da die Vor- und Rücklauftemperaturen in den dänischen Netzen niedrig liegen (typischerweise 80/40°C) ist diese Einspeisung technisch gut möglich und effizient. Ende 2014 waren 550.000 m² dieser Großflächenanlagen installiert. 2015 sollen weitere ca. 180.000 m² hinzukommen. Pro Kopf der Bevölkerung ist dies weitaus mehr, als in Deutschland im bisherigen Rekordjahr 2009 für alle Arten von thermischen Kollektoren installiert wurde. Der Kollektormarkt für die in Deutschland typischen kleinen Dachanlagen ist in Dänemark bedeutungslos.

Abb.11: Solare Nah- und Fernwärme in Dänemark

Größe der Kollektorfläche und Anzahl der laufenden sowie der geplanten Solaranlagen



Die Kosten der solarthermischen Großanlagen sind um ca. einen Faktor 3 bis 6 geringer als die von Dachanlagen. Die bisher günstigsten Kosten für ein fertig installiertes, großes Kollektorfeld inkl. des Wärmetauschers in der Heizzentrale wurden in Dronninglund mit 152 €/m² erreicht (siehe auch Kapitel 2.1). Die großen dänischen Kollektorfelder erhalten nur eine geringe Förderung von ca. 25 €/m².

Im Wärmebereich hat Dänemark gegenüber anderen europäischen Ländern einen deutlichen Entwicklungsvorsprung. Dänemark liefert Deutschland damit

wertvolle Anregungen, wie eine Wärmewende ausgestaltet werden kann und wie gerade die Kopplung zwischen einem Strommarkt mit hohen Anteilen von Windstrom und dem Wärmemarkt gelingen kann, auch wenn sicherlich viele Rahmenbedingungen nicht unmittelbar übertragbar sind:

1. **Einpreisung externer Kosten:** Die Einpreisung langfristiger externer Umweltkosten der Energieerzeugung erfolgt in Dänemark über eine deutlich höhere Besteuerung fossiler Energieträger (in Dänemark rd. 3 Ct/kWh bei Gas und etwas über 4 Ct/kWh bei Heizöl – zzgl. 25 Prozent MwSt.). Die Energiesteuer wurde schon kurz nach der Ölkrise eingeführt.
2. **Kohleausstieg bis 2030:** In Dänemark laufen die Lizenzen zur Kohleverfeuerung bis zum Jahr 2030 aus. Dadurch können sich alternative Systeme mit KWK und erneuerbaren Energien ausbreiten.
3. **Kraft-Wärme-Kopplung (KWK):** Während in Deutschland die KWK in den letzten Jahren stagniert und sogar Gaskraftwerke aus dem Markt gedrängt werden, zeigt Dänemark, dass KWK-Kraftwerke durch eine flexiblere Betriebsweise und eine angemessene Infrastruktur weiterhin ein Rückgrat der Wärmeversorgung darstellen können. Früher gab es den «Triple Tarif» (drei Tarife, je nach Nachfragesituation), mittlerweile ist Dänemark auf eine Direktvermarktung an der Börse umgestiegen.
4. **Wärmenetze:** Durch das Verbot zur Erwirtschaftung von Gewinnen in Wärmenetzen konnten die Wärmenetze stark ausgebaut und die Wärme kostengünstig angeboten werden. Dieser Ansatz könnte über Genossenschaften, mit Einschränkungen auch durch Stadtwerke, auch in Deutschland genutzt werden.
5. **LowEx-Systeme:** Die niedrigen Vor- und Rücklauftemperaturen in den dänischen Wärmenetzen (typischerweise 80/40°C bis hin zu LowEx-Netzen mit 50°C Vorlauf) erlauben eine effiziente Einspeisung von Wärme aus erneuerbaren Energien, Umwelt und Abfallwärme mit geringen Netzverlusten.
6. **Solarkollektorfelder:** Der Bau von großen Kollektorflächen und deren Integration in ein bestehendes Wärmenetz ist im Prinzip einfach und deutlich kostengünstiger als Kollektoren auf Einzelgebäuden und ergänzt mittelfristig den Ausfall der KWK im Sommer durch das hohe erneuerbare Stromangebot. Dabei werden auch saisonale Speicherkonzepte und Kombinationen mit Wärmepumpen erprobt.

2 Kommunale Beispiele der Wärmewende

Dass die Wärmewende auch auf kommunaler Ebene funktionieren kann, zeigen viele, in ganz Deutschland und seinen Nachbarländern verwirklichte Beispiele. In diesem Kapitel werden verschiedene Wege und positive Beispiele zur Umsetzung der Wärmewende von der kleinen ländlichen Kommune bis zur Großstadt vorgestellt, wobei die Übergänge dazwischen fließend sind.

Tabelle 1 zeigt die Beispiele im Überblick. Während bei kleinen Kommunen der Fokus auf der Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien liegt, spielen bei größeren Kommunen auch Abwärme- und Abfallpotenziale und die Energieeffizienz der Gebäude eine größere Rolle.

Tabelle 1: Kurzübersicht der Praxisbeispiele*

Beispiel	Wichtigste Akteure	Erneuerbare Energieträger/ Wärmequelle	Effizienzmaßnahmen Gebäude
Bioenergiedorf Jühnde (1.089 EW)	Universität, Bürgergenossenschaft	Biogasanlage, Holzhackschnitzel, Spitzenlastkessel (Heizöl)	überwiegend Altbau (bis 70er Jahre); keine spezifischen Gebäudeeffizienzmaßnahmen
Bioenergiedorf Büsingen (1.352 EW)	Bürgermeister, Solarcomplex AG	Holzhackschnitzel, Solarthermie	keine zentrale Planung, überschlägige Sanierungsfaktoren in der Netzplanung berücksichtigt
Schönstadt (1.533 EW)	Holzverarbeitungsbetrieb, Nahwärmegenossenschaft , Kommune (Kreditnehmer)	Abwärme und Spitzenlastkessel	durchmischt
Dronninglund (3.300 EW)	Bürger , Kommune	Gas-BHKWs, Solarthermie , Absorptionswärmepumpe	durchmischt
Crailsheim Hirtenwiesen (2.000 EW)	Kommune, Stadtwerke	Solarthermie , Erdsonden-Wärmespeicher ; Wärmepumpe , Erdgas-BHKW	Altbau (Kaserne) und Neubau

Heidelberg Bahnstadt (5.000 EW)	Kommune, Stadtwerke	Holzhackschnitzel- Nahwärme	Neubau im Passiv- hausstandard
Fernwärme Ulm (119.000 EW)	Stadtwerke	50% erneuerbar erzeugte Wärme (Biomasse, Müll)	durchmischt
Fernwärme Neuburg (28.000 EW)	Stadtwerke	Industrielle Abwärme	durchmischt
Wärmeversorgung Eckernförde (23.000 EW)	Stadtwerke	mehrere neue Wärme- netze im Bestand (Erdgas, Biogas, Holzhackschnitzel)	durchmischt; Sanie- rungsbemühungen der lokalen Wohnungs- wirtschaft unterstützt
Energiekonzeption Zürich (405.000 EW)	Kommune	alle lokal und regional verfügbaren Energie- träger (von Abwärme bis Erneuerbare)	durchmischt; Effizienzsteigerung ist Ziel

(*) Besonderheiten der Beispiele sind jeweils grün gekennzeichnet

2.1 Wärmewende in kleinen und ländlichen Kommunen

Wer nach positiven Beispielen zur Wärmewende in kleinen ländlichen Kommunen sucht, stößt sofort auf die mittlerweile zahlreichen Bioenergiedörfer. Ein Bioenergiedorf ist ein Dorf, das einen großen Teil seines Strom- und Wärmebedarfs unter Nutzung von überwiegend regional bereitgestellter Biomasse selbst deckt. Basis der Energieversorgung ist häufig eine Biogasanlage oder ein Biomasseheizkraftwerk, die über Kraft-Wärme-Kopplung Strom und Wärme bereitstellen. Auch erneuerbare Energien, die nicht zur Bioenergie gehören, können zum Einsatz kommen, wie z.B. Photovoltaik, Windenergie, Solarthermie und andere. In der Regel streben Bioenergiedörfer mittel- oder langfristig eine 100 prozentige Energieversorgung aus Erneuerbaren an und setzen stark auf eine bürgernahe Umsetzung (Energie in Bürgerhand).

Bioenergiedorf Jühnde

Das wahrscheinlich bekannteste deutsche Bioenergiedorf ist Jühnde (1.089 Einwohner) im Landkreis Göttingen. In einem Projekt der Universität Göttingen konnte dort das Ziel, den kompletten Energiebedarf durch regenerative Energieträger zu decken, im Januar 2006 erfolgreich umgesetzt werden. Neben der Deckung des Wärmebedarfs der Haushalte erzeugt der Ort deutlich mehr Strom, als er selbst verbraucht.

Zur Erstellung und Betrieb der Anlagen wurde eine Bürgergenossenschaft gegründet, die für hohe Akzeptanz des Projektes gesorgt hat.

In Jühnde erzeugt eine Biogasanlage mit einer Leistung von 700 kWel jährlich etwa 5.000 MWh Strom und damit mehr als das Doppelte des Bedarfs der Kommune.



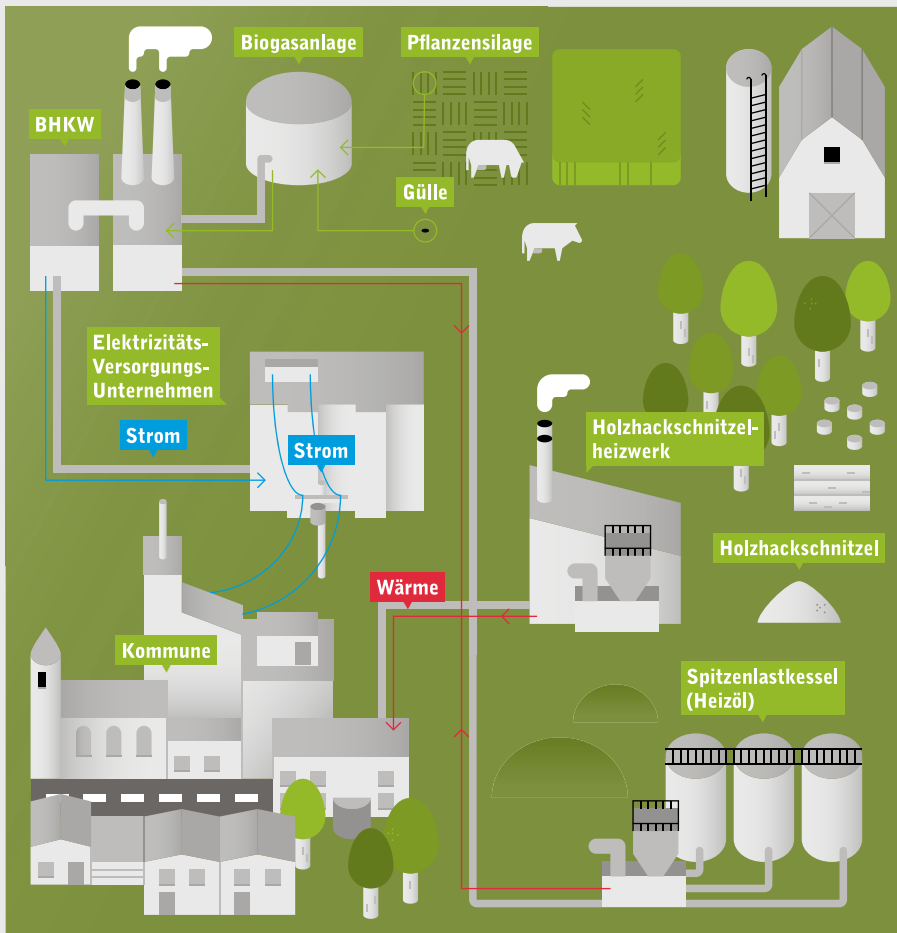
Blick auf die Biogasanlage in Jühnde

Die Wärme der Biogasanlage von jährlich etwa 3.000 MWh wird in ein Nahwärmenetz eingespeist. Zusätzlich liefert ein Holzhackschnitzel-Heizwerk ($550 \text{ kW}_{\text{th}}$) etwa 1.000 MWh Wärme jährlich. Ein Heizölkessel steht für die Spitzenlast ($1.600 \text{ kW}_{\text{th}}$) zur Verfügung. Die Biogasanlage benötigt als Substrat jährlich etwa 9.000 m^3 Gülle und 11.000 t Biomasse, die auf 320 ha Fläche erzeugt werden. Etwa 1.400 Schüttraummeter Holzhackschnitzel werden jährlich verbrannt.

Es wird geschätzt, dass die teilnehmenden Haushalte in Jühnde nach Abzug der Kosten 750 € pro Jahr an Energiekosten einsparen und das Dorf mit der Energiegewinnung aus Biomasse Einnahmen von über 680.000 Euro pro Jahr erzielt.

Mit dem Konzept Bioenergiedorf Jühnde 2.0 soll eine Weiterentwicklung zur bedarfsgerechten Strom- und Wärmeerzeugung erfolgen. Derzeit laufen Planungen, Wärme- und Stromspeicher zu installieren, um auf den Einsatz von Heizöl und Holzhackschnitzeln verzichten zu können. Die Einführung der E-Mobilität als konsequente Fortsetzung auf dem Weg zur dezentralen Versorgung mit erneuerbarer Energie wird außerdem im Rahmen des Projektes Schaufenster E-Mobilität erprobt.

Abb.12: Anlagenkonzept des Bioenergiedorfs Jühnde



Quelle: ifeu nach Bioenergiedorf Jühnde eG, eigene Darstellung

Solare Nahwärme im Bioenergiedorf Büsingen

Ohne Biogasanlage aber dafür mit Sonnenwärme kommt das Dorf Büsingen (1.352 Einwohner) an der Grenze zur Schweiz im Süden Deutschlands aus. Da Büsingen zwar deutsches Hoheitsgebiet, aber Schweizer Wirtschaftsraum ist, gilt das deutsche EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) dort nicht. Dadurch ergibt sich keine Wirtschaftlichkeit für eine Biogasanlage in Büsingen, die sonst bei den Bioenergiedörfern übliche Abwärme aus Biogas-BHKWs entfällt als Grundlast im Wärmenetz. Von dieser Ausgangslage her entstand die Idee, die sommerliche Grundlast aus Solarthermie bereitzustellen. Ausgehend von der Initiative des Büsinger Bürgermeisters übernahm die Firma Solarcomplex die Planung, den Bau und den Betrieb des Wärmenetzes.



Quelle: solarcomplex AG – www.solarcomplex.de

Beim Bioenergiedorf Büsingen sind die Gebäude aller Kund/innen schon seit 2012 an das Wärmenetz angeschlossen und wurden zunächst mit Wärme aus Holzhackschnitzeln versorgt. Mit zwei Holzhackschnitzel-Kesseln ($900 \text{ kW}_{\text{th}}$ und $450 \text{ kW}_{\text{th}}$ Heizleistung) kann der gesamte Wärmebedarf von 3.500 MWh bereitgestellt werden. Die Hackschnitzel werden aus der Region bezogen. Im Jahr 2013 wurde das Wärmenetz durch eine Solarthermieanlage mit rund 1.100 m^2 Kollektorfläche ergänzt. Sie liefert im Hochsommer die gesamte Wärme für das Brauchwarmwasser und unterstützt in der Übergangszeit die Hackschnitzelkessel. Die Kollektoren liefern jährlich ca. 550 MWh Wärme (entspricht etwa 800 Schüttkubikmeter Holzhackschnitzel). Im Wärmenetz sind zwei Pufferspeicher mit je 50 m^3 Fassungsvermögen installiert. Der Endkundenpreis beträgt im Gesamtversorgungskonzept $12,8 \text{ Cent/kWh}$. Die solaren Erträge minimieren die Kosten für den Holzhackschnitzel-Einkauf und kommen dem Versorger, der Solarkomplex AG, zu Gute. Büsingen ist als Pilotprojekt in ein Forschungsprogramm zur Markteinführung solarer Wärmenetze in Baden-Württemberg eingebunden. Im Gegensatz zu Jühnde steht die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nicht im Fokus.

Nahwärmegenossenschaft Schönstadt eG

Kern der Nahwärmegenossenschaft Schönstadt (1.533 Einwohner) in der Gemeinde Cölbe in Hessen war ein lokaler Holzverarbeitungsbetrieb. 2011 gründete sich die Nahwärmegenossenschaft Schönstadt, an der drei Viertel der Haushalte des Ortes beteiligt sind. Zusammen mit öffentlichen Gebäuden umfasst das Nahwärmenetz 284 Liegenschaften.

Das mit Holzresten betriebene Biomasse-Heizkraftwerk hat eine elektrische Leistung von $1.100 \text{ kW}_{\text{el}}$ und $4.900 \text{ kW}_{\text{th}}$. Die Bürger/innen sind über den Kauf von Anteilen im Wert von 5.000 Euro pro Anschluss an der Genossenschaft beteiligt.



Quelle: ifeu

Für die Genossenschaftsmitglieder ist die Hausübergabestation im Mitgliedsanteil enthalten. Zusammen mit einem von der Gemeinde abgesicherten Kredit in Höhe von 3 Mio. Euro konnte eine Investitionssumme von 6 Mio. Euro mobilisiert werden. Der Wärmepreis beträgt 9,8 Cent/kWh (Hassenpflug 2015).

Dronninglund (Dänemark)

Dass auch die Einbindung großer Mengen Solarthermie in lokale Wärmenetze möglich ist, zeigt das Beispiel der dänischen Kleinstadt Dronninglund (ca. 3.300 Einwohner). Das Fernwärmeunternehmen in Dronninglund ist im Besitz der Einwohner der Kommune. Bereits seit 1959 gibt es ein Wärmenetz mit einer Gesamtlänge von 50 km und einer jährlichen Wärmeproduktion von 40.000 MWh. Ursprünglich wurde das Wärmenetz von 4 Gas-BHKW (3.600 kW_{el}, 6.400 kW_{th}) und Ölkesseln gespeist. Als 2006 festgestellt wurde, dass zwei alte Heizölkessel ersetzt werden müssen, und sich zudem andeutete, dass die Auslastung der BHKW auf Grund des steigenden Windstromanteils in Dänemark stark sinken würde, entschied man sich, auf erneuerbare Energien zu setzen. Handlungsleitend waren die Ziele der dänischen Regierung, bis zum Jahr 2035 in den Bereichen Strom und Wärme zu 100 Prozent auf erneuerbare Energien umzusteigen. Die Zustimmung im Gemeinderat war überwältigend (85 Prozent), trotz einer für die Gemeinde hohen Investition von netto 11 Mio. Euro (von denen 2 Mio. Euro Fördermittel waren).

2014 wurde ein 37.573 m² großes Solarkollektorfeld installiert (27.000 kW_{th}), das mit 18.000 MWh nahezu die Hälfte der jährlich nachgefragten Wärmemenge bereitstellt. Vorteilhaft für die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes ist die hohe Besteuerung von Gas und Öl in Dänemark und eine Förderung für die Solaranlage.

In einer alten Kiesgrube wurde außerdem ein saisonaler Warmwasserspeicher mit 62.000 m³ Fassungsvermögen errichtet, der sich in den Sommermonaten auf bis zu 90°C erwärmt. Bis Oktober wird das Netz fast ausschließlich aus dem Solarkollektor und den (am Strommarkt agierenden) BHKWs gespeist. Ab Dezember ist das Wasser im Speicher auf 40–50°C abgekühlt. Mit einer Absorptionswärmepumpe wird die Wärme dann auf das benötigte Temperaturniveau hochgepumpt. Die BHKWs werden betrieben, wenn der Strompreis an der Börse sehr hoch ist (>10 Ct./kWh).

Die Kosten der Gesamtanlage belaufen sich auf rund 14,6 Mill. Euro, von denen rund 3 Mio. Euro aus einer dänischen Förderung stammen. Die Wärmepreise eines Standardhauses in Dronninglund betragen rund 6,6 Cent/kWh Arbeitspreis plus 2,55 €/m² Wohnfläche Festpreis. Gegenüber dem alten Wärmepreis sparen die Haushalte in Dronninglund rund 260 Euro im Jahr. Die Wärmegestehungskosten nur aus dem Solarteil liegen bei etwa 4 Cent/kWh.

Abb.13: Anteile der einzelnen Wärmeerzeuger an der Wärmebereitstellung für Dronninglund Fernwärme über das Jahr

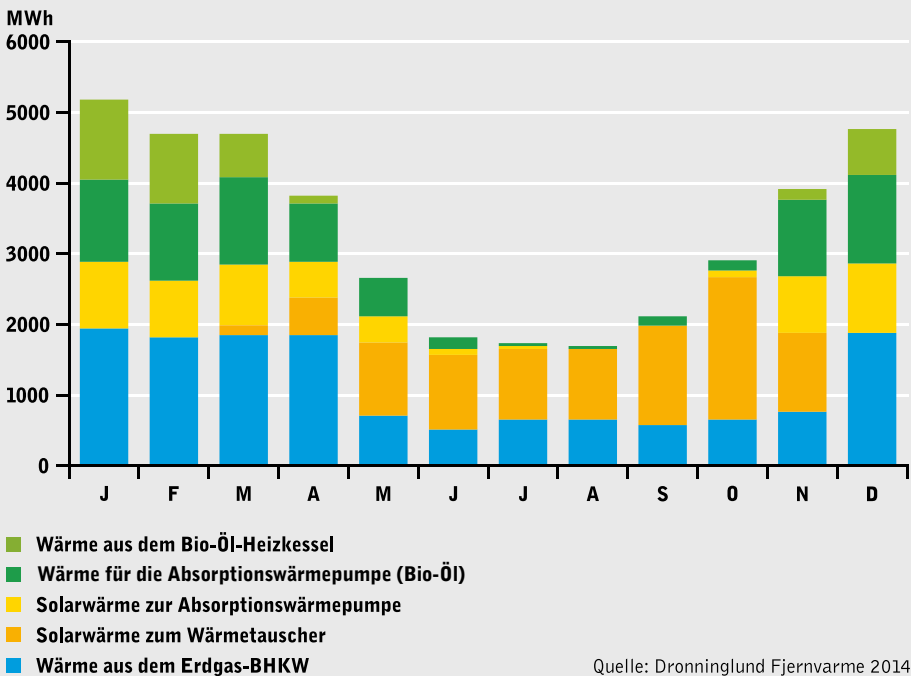


Abb.14: Blick auf das Quartier Crailsheimer-Hirtenwiesen



- ❶ Solarthermische Kollektoren auf Dächern und Schallschutzwall
- ❷ Wärmeübergabestation
- ❸ Pufferspeicher 1 und 2
- ❹ Erdsondenspeicher und Wärmepumpe

Quelle: Stadtwerke Crailsheim GmbH

2.2 Wärmewende in Wohngebieten und Quartieren

Auch in Wohngebieten und Quartieren als Teilgebiete von Kommunen gibt es zahlreiche Beispiele verschiedener Sanierungs- und Versorgungskonzepte mit dem Ziele einer klimaverträglichen Wärmeversorgung. Mit dem KfW-Programm «Energetische Stadtsanierung» hat die Quartiersebene in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. Sie unterscheiden sich von den oben dargestellten Konzepten für kleine ländliche Kommunen zumeist durch eine dichtere Bebauung und sind häufig in eine Gesamtstrategie der Kommune, z.B. über ein integriertes Klimaschutzkonzept (siehe Kapitel 4.2.1), eingebunden. Auch die Betreiberstruktur ist unterschiedlich. Bürgergenossenschaften werden auf Quartiersebene in der Regel von kommunalen Einrichtungen (Stadtwerke, kommunale Wohnungsbaugesellschaft, sonstige kommunale Eigenbetriebe) abgelöst. Da Biomasse in städtischen Gebieten nicht einfach zur Verfügung steht oder manchmal auch aus Emissionsgründen in Ballungsräumen nicht gewünscht ist, spielt die Gebäudeeffizienz eine größere Rolle.

Solare Nahwärme im Wohngebiet Crailsheim Hirtenwiesen

Ein schönes Beispiel der nachhaltigen Planung und Versorgung von Bestandsgebäuden und einem Neubaugebiet bietet das baden-württembergische Crailsheim. Fünf Gebäude der ehemaligen Kaserne «McKee Barracks» wurden saniert und in Eigentumswohnungen umgewandelt. Die Dächer der Mehrfamilienhäuser wurden von den Stadtwerken Crailsheim mit insgesamt fast 2.500 m² Solarkollektoren ausgestattet. Außerdem wurde ein 100 m³ großer Pufferspeicher installiert. In einem Teil der ehemaligen Kaserne wurden neue Einzel-, Doppel-, Reihen- und Mehrfamilienhäuser, ein Gymnasium und eine Sporthalle gebaut. Auf einem Schutzwall zu einem benachbarten Gewerbegebiet wurden weitere 5.300 m² Solarkollektoren sowie ein angrenzender Pufferspeicher mit 480 m³ Fassungsvermögen montiert. Diese beiden Wärmespeicher dienen vor allem als Tagesspeicher.

Da in diesem Projekt 50 Prozent des Wärmebedarfs solar gedeckt werden sollen, wurde ein saisonaler Erdsonden-Wärmespeicher mit 37.000 m³ Speichervolumen in das System integriert. Das entspricht der Speicherfähigkeit von etwa 10.000 m³ Wasseräquivalent. 80 Wärmesonden geben die Sonnenwärme aus den Kollektorfeldern nicht wie in Dronninglund an einen Wasserspeicher, sondern an das Erdreich ab. Die Temperaturen im Erdspeicher können zwischen 20°C und 50°C variieren. Die elektrische Wärmepumpe sorgt für eine Anhebung der Vorlauftemperatur auf 60°C. Reicht diese nicht aus, erfolgt die Nachheizung über das Wärmenetz mit zwei Gaskesseln und einem Erdgas-BHKW.

Passivhausstandard und erneuerbare Fernwärme in der Bahnstadt Heidelberg

Die Bahnstadt ist ein neuer Stadtteil von Heidelberg auf dem Gelände des ehemaligen Güterbahnhofs, der nach seiner Fertigstellung die größte Passivhaussiedlung der

Blick auf die Wohnbebauung und KiTa der Bahnstadt Heidelberg



Welt sein soll. Der Stadtteil Bahnstadt wird – nach aktueller Konzeption – zwischen 5.000 und 6.000 Einwohner/innen beherbergen können, daneben sollen etwa 7.000 neue Arbeitsplätze durch Ansiedlung von Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben geschaffen werden. Ein städtebaulicher Vertrag zwischen der Stadt Heidelberg und der Entwicklungsgesellschaft Heidelberg GmbH (EGH) regelt Maßnahmen zur Erschließung, Vermarktung und Bebauung der im Entwicklungsbereich gelegenen Grundstücke. Er stellt sicher, dass die Grundstücke gemäß den Zielen und Zwecken der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme Bahnstadt, die der Gemeinderat beschlossen hat, entwickelt werden.

Passivhäuser dürfen einen jährlichen Heizenergiebedarf von höchstens 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter haben. Das entspricht rund 1,5 Liter Heizöl pro Jahr. Durch die Bauweise wird eine Reduzierung des Energiebedarfs um 50 bis 80 Prozent gegenüber dem durchschnittlichen Verbrauch in bestehenden Wohngebäuden möglich. Außerdem setzt die Stadt Heidelberg in der Bahnstadt auf erneuerbare Energien. Dazu trägt ein neues Holz-Heizkraftwerk bei, das die Stadtwerke Heidelberg im April 2014 in Betrieb genommen und offiziell eingeweiht haben. Dieses speist in das Heidelberger Fernwärmenetz, das sonst vom Großkraftwerk Mannheim versorgt wird. Damit ist, zumindest bilanziell, die Wärmeversorgung der Bahnstadt vollständig erneuerbar.

2.3 Wärmewende in der Stadt

Während bei der Betrachtung einzelner Quartiere häufig noch homogene Strukturen anzutreffen sind, unterscheiden sich Städte in der Regel deutlich sowohl von der Gebäude- als auch von der Sozialstruktur. Abhängig von der Größe der Stadt ist auch der Aufwand für die Konzepterstellung für eine Wärmewende wesentlich höher. Es müssen viele Akteure eingebunden werden. Auf der anderen Seite ist die Aufgabenverteilung eindeutiger. Zumeist sind Stadtwerke für die Wärmeversorgung zuständig. Für größere Städte liegen meistens integrierte Klimaschutzkonzepte vor, die den Weg zu einer klimaverträglichen Energienutzung und -versorgung aufzeigen. Um die Wärmewende voranbringen zu können, müssen diese durch Wärmenutzungspläne ergänzt werden (siehe Beispiel Zürich weiter unten).

Eine schnelle Lösung wie bei Bioenergiedörfern ist allerdings sowohl in Richtung erneuerbarer Energieträger als auch Energieeffizienz nicht möglich, da langfristige Umbauprozesse angestoßen werden müssen. Allein die komplette Versorgung einer größeren Stadt mit Biomasse würde aufgrund fehlender Ressourcen nicht umsetzbar sein. Auch der Anteil erneuerbarer Energien im Stadtgebiet ist in der Regel, bis auf den Bereich Photovoltaik oder Solarthermie, deutlich begrenzt. Dafür stehen viele weitere Energieträger wie Abwärmepotenziale der Industrie, Wärme aus Müllheizkraftwerken oder Abwässern zur Verfügung. Auch größere Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung werden weiterhin in Städten eingesetzt. Diese Potenziale sind allerdings stark von den unterschiedlichen Voraussetzungen vor Ort abhängig. Entsprechend unterschiedlich sind auch folgende Beispiele.

Erneuerbare Fernwärme in Ulm

Die Fernwärme Ulm GmbH (FUG) versorgt insgesamt 15.000 Wohneinheiten mit Fernwärme. Bei einem Anschlusswert von 390.000 kW_{th} weist das Netz schon heute einen Anteil von mehr als 50 Prozent erneuerbar erzeugter Wärme auf. Sie wird zum größten Teil aus Biomasse-KWK und einem Müllheizkraftwerk bereitgestellt. Nach dem seit 2004 in der Ulmer Weststadt betriebenen Biomasseheizkraftwerk I wurde aufgrund positiver Erfahrungen 2012 eine zweite Anlage (Biomasseheizkraftwerk II) in Betrieb genommen. Darüber hinaus liefern vier BHKWs externer Einspeiser Wärme in das Netz (drei Biogas-, ein Pflanzenöl-BHKW). Damit ist Ulm einer der Vorreiter auf dem Weg zur Integration erneuerbarer Energien in große Fernwärmesysteme.

Abb.15: Ausschnitt des Fernwärmenetzplans Ulm

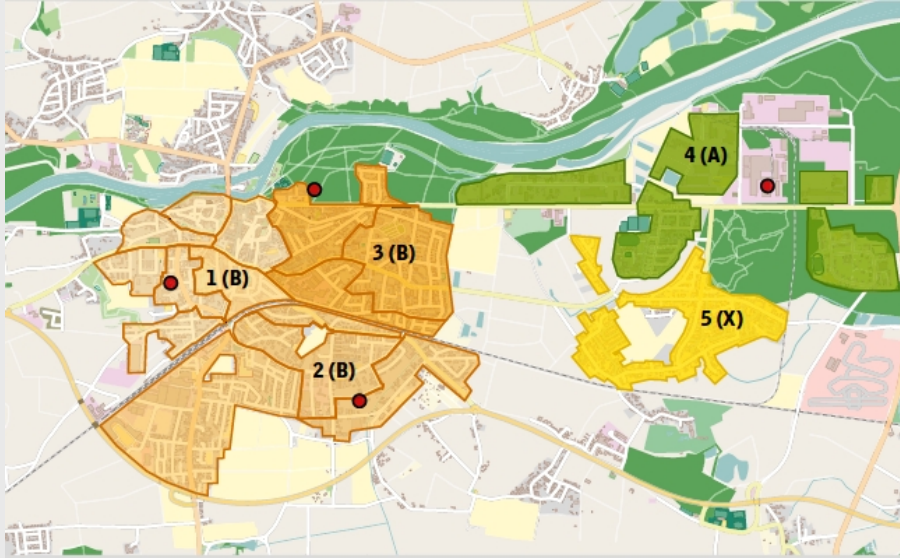


Ferndampfleitung 15 bar
— Ferndampfleitung 3 bar

Quelle: Fernwärme Ulm GmbH

Für Ulm stellt sich die Frage, ob es möglich ist, den Anteil erneuerbarer Energien noch weiter zu erhöhen. Unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten arbeitet das Fernwärmenetz der FUG nahe dem Optimum des Anteils erneuerbarer Energien. Jede weitere Einbindung einer regenerativen Neuanlage würde derzeit die Wirtschaftlichkeit der Wärmeerzeugung mindern. Wegen der energiewirtschaftlichen Randbedingungen dürften in den nächsten Jahren kaum weitere große Investitionen folgen. Durch nachträgliche Effizienzmaßnahmen an den angeschlossenen Gebäuden könnte der Anteil allerdings mittelfristig noch steigen.

Abb.16: Wärmenetze Neuburg aufgeteilt in Quartiere der Nahversorgung



Energieversorgungsgebiete

- 1 (B) = Gebiete um die Kliniken
- 2 (B) = am Schwalbanger
- 3 (B) = am Parkbad
- 4 (A) = Verallia
- 5 (X) = Heinrichsheim

- A** = Abwärme
- B** = Blockheizkraftwerke
- X** = An Gebiet 4 angeschlossen

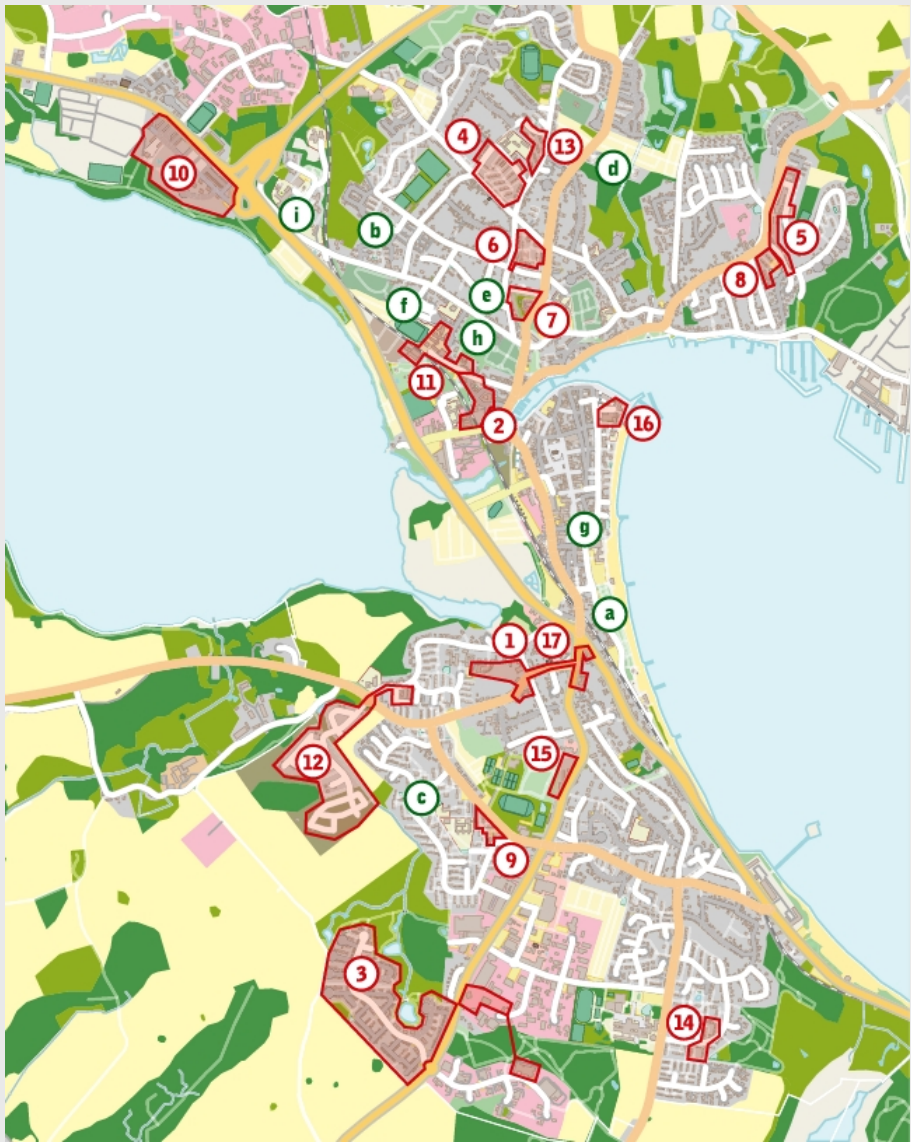
Quelle: Stadtwerke Neuburg

Nahwärme Stadt Neuburg

Vor etwa zehn Jahren wurde in Neuburg an der Donau ein Energienutzungsplan entwickelt, der vorsieht, die Wärmeversorgung langfristig auf eine primärenergie-schonende Versorgung umzubauen. Der Wärmebedarf der Stadt beruhte zu ca. zwei Drittel noch auf Heizöl. Inzwischen haben die Stadtwerke ein ca. 13 km langes Nahwärmenetz aufgebaut. Die Wärmeversorgung gewährleisten fünf Blockheizkraftwerke mit einer Leistung von insgesamt 2.600 kW_{el} und 3.100 kW_{th}. Das Versorgungsgebiet der Stadt Neuburg ist in fünf Wärmeabnahmegebiete eingeteilt (siehe Abbildung 16). Besonders interessant ist die Einbeziehung der Industrie. Aus industrieller Abwärme wird Heizwärme in das Nahwärmenetz ausgekoppelt. Die Abwärme der Schmelzwannen des Glasproduzenten Verallia (ehemals St. Gobain AG) wird energetisch genutzt. Die Abgastemperaturen können damit von 380°C auf 220°C gesenkt werden. Theoretisch könnte die Stadt rund ein Drittel ihres gesamten Wärmeverbrauchs von etwa 270.000 MWh durch die Abwärme der Unternehmen Verallia und Rockwool (Dämmstoff-Hersteller) decken. Zwei Wärmespeicher zur Sicherung von Abwärmeengpässen und zur Optimierung der BHKW-Laufzeiten

sind derzeit in Betrieb. Im Moment laufen bei den Stadtwerken Neuburg an der Donau Planungen für zwei weitere Wärmespeicher, welche eine weitere zeitliche Entkoppelung von Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch ermöglichen.

Abb.17: Nahwärmenetze Eckernförde



1-17 Wärmernetzgebiete der Stadtwerke Eckernförde

a-i Objekt-BHKW (o. Wärmernetz) der Stadtwerke Eckernförde

Quelle: Stadtwerke Eckernförde 2015

Die Ausgaben für die Nahwärmeversorgung werden mittelfristig mit rund 137 Mio. Euro angenommen. Geplant ist auch der flexible Betrieb der Blockheizkraftwerke in Abstimmung mit der Stromproduktion der erneuerbaren Energien im Landkreis. Neben Photovoltaikanlagen gibt es dort vier Windräder und einige Biomasseanlagen.

Wärmedienstleister Stadtwerke Eckernförde GmbH

Die Stadtwerke Eckernförde GmbH hat die Sanierungsbemühungen der lokalen Wohnungswirtschaft in den letzten vier Jahren intensiv und erfolgreich unterstützt: Die Stadtwerke haben bestehende Wärmenetze und Heizungsanlagen übernommen und modernisiert und Wärmekund/innen über Wärmenetze zusammengeschlossen. Die Stadtwerke betreiben inzwischen siebzehn mittelgroße Wärmenetze, die überwiegend in den letzten vier Jahren entstanden sind. Die Wärmenetze sind fast ausschließlich im Bestand realisiert worden und werden in Verbindung mit KWK-Anlagen von 70 kW_{el} bis 400 kW_{el} betrieben.

Als Primärenergieträger werden überwiegend Erdgas, aber auch Biomethan, Biogas und Hackschnitzel genutzt. In einem Neubaugebiet erfolgt die Wärmeversorgung mit Biogas per BHKW über eine separate Biogasleitung aus einer 500m entfernten Biogasanlage. Die Wärmepreise liegen im Schnitt zwischen 6 Ct/kWh und 8 Ct/kWh und damit im unteren Bereich der Wärmepreise in Schleswig-Holstein.

Energiekonzeption 2020 in Zürich

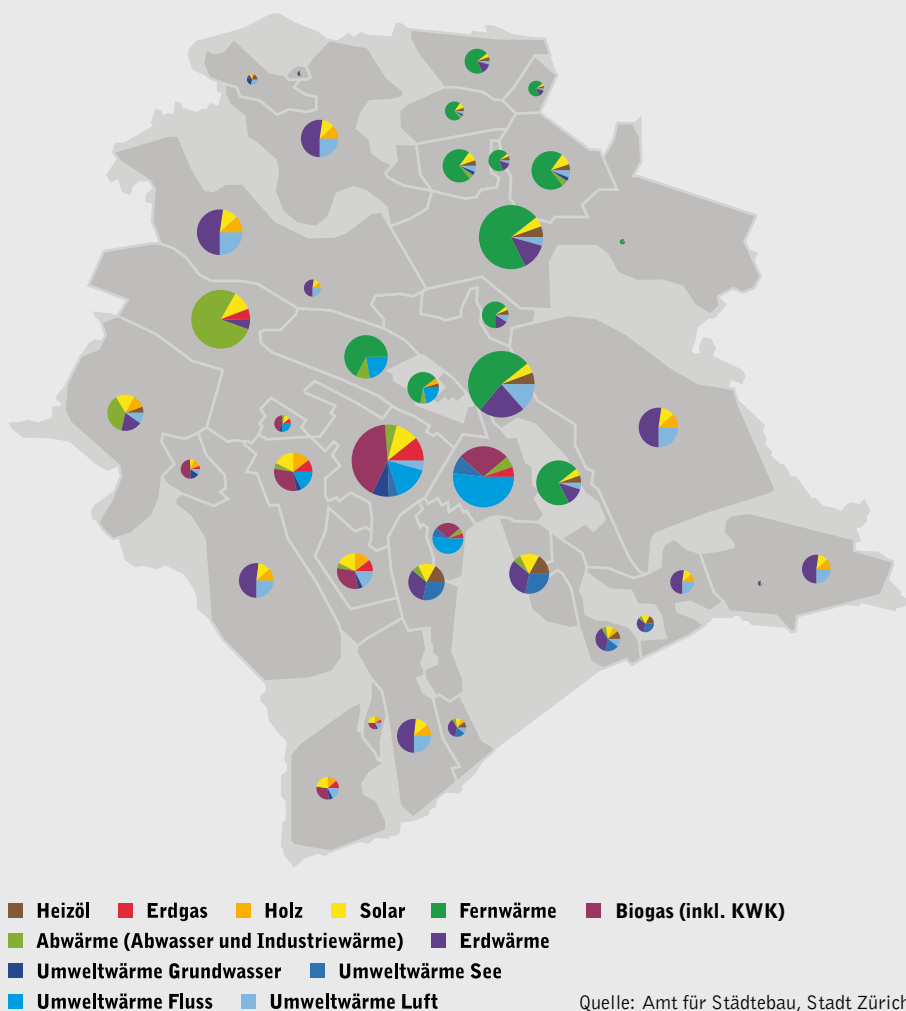
Bisher wurden umgesetzte Beispiel dargestellt. Es gibt auf Ebene einer Großstadt noch kein Beispiel für die komplette Umstellung aller Stadtteile auf eine vorwiegend erneuerbare Wärmeversorgung. Dazu ist eine quartiersübergreifende Planung nötig, welche die langfristigen Ziele der Stadt auf kleinräumiger Ebene überträgt.

Wie eine Wärmenutzungsplanung in ein städtisches Gesamtkonzept integriert werden kann, zeigt die Stadt Zürich in der Schweiz. In dem «Konzept Energieversorgung 2050» wird dargestellt, wie die Wärmeversorgung der Stadt Zürich bis 2050 aufgestellt werden muss, um die in der Gemeindeordnung verankerten Ziele zur 2000-Watt-Gesellschaft zu erreichen. Damit könnten die nicht erneuerbare Primärenergie um 90 Prozent, der gesamte Primärenergiebedarf um 50 Prozent und die Treibhausgas-Emissionen um 85 Prozent bis 2050 gesenkt werden.

Für die Erreichung der 2000-Watt-Ziele in Zürich ist eine Änderung des Energieträgermixes erforderlich. Die lokal und regional verfügbaren erneuerbaren Energieträger spielen eine wichtige Rolle, um Treibhausgas-Emissionen und den Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie für die Wärmeerzeugung deutlich zu reduzieren.

Da die Potenziale der lokal und regional verfügbaren Energieträger Umweltwärme, Holz, Wärme aus Abfall und Abwasser sowie Abwärme im Vergleich zum Energiebedarf relativ niedrig sind, ist die Reduktion des Endenergiebedarfs von zentraler Bedeutung. Ein substanzieller Anteil an Umweltwärme, z.B. aus See- und Grundwasser sowie aus Abwasser und Abfall, erfordert den Aufbau einer leitungsgebundenen Infrastruktur.

Abb.18: Kleinräumiger Energieträgermix der Stadt Zürich im Jahr 2050 nach Effizienz-Szenario des Energiekonzepts (ohne Strom für Wärmepumpen)



Der Einsatz der knappen lokal verfügbaren Energien in der Stadt Zürich muss durch die Nutzung von überregionalen Quellen (Import von Biogas, Import von Elektrizität aus Wasserkraft-, Wind- und Photovoltaik-Anlagen) ergänzt werden.

Am Beispiel Zürich wird deutlich, dass insbesondere bei der Wärmewende in Großstädten die Effizienzsteigerung an erster Stelle stehen muss und wesentliche Anteile erneuerbarer Energien nur durch die Einbeziehung des Umlandes erschlossen werden können.

3 Technische Entwicklungspfade der kommunalen Wärmewende

In Kapitel 1 wurden langfristige nationale Klimaschutzziele beschrieben und Strategien dargestellt, wie diese erreicht werden können. Basis dieser Betrachtungen sind die technisch/wirtschaftlichen Potenziale der Wärmewende, d.h. sowohl der Gebäudeeffizienz als auch der nachhaltigen Energieversorgung. Diese Potenziale sind nicht nur technisch voneinander abhängig (Beispiel Solarthermie und Flächenheizsysteme), sondern auch von den Gebietsgrößen und der Bebauungsstruktur.⁸ Die notwendige Energiebalance zwischen Effizienzmaßnahmen und regenerativer Wärmeversorgung führt außerdem zu einer Vielzahl möglicher Kombinationen von Energienachfrage und -angebot. In diesem Kapitel werden daher wesentliche technische und wirtschaftliche Aspekte der kommunalen Wärmewende vorgestellt und diskutiert. Eine Kurzfassung davon findet sich in der Zusammenfassung. In Kapitel 5.3 werden Entwicklungspfade vereinfacht an Hand eines Flussdiagramms dargestellt.

3.1 Effizienz und erneuerbare Energien in Balance

Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind komplementäre Strategiesäulen (**Zwillingssäulen**). Durch die Definition von relativen, endenergiebezogenen Ausbauzielen in Bezug auf Energieeffizienz (einschließlich des Ausbaus der KWK) und erneuerbare Energien findet eine Verzahnung bereits statt: Die Ausbauziele können nur durch eine Kombination von primärenergieschonenden versorgungstechnischen Maßnahmen und durch eine Senkung des Energieverbrauchs erreicht werden. Eine Verdoppelung des KWK-Anteils im Wärmebereich könnte sowohl durch den Ausbau von Wärmenetzen als auch durch Halbierung des Wärmeverbrauchs erreicht werden. Szenarien auf nationaler Ebene (siehe Kapitel 2.1) berücksichtigen in der Regel beide Säulen, da eine Strategie alleine entweder z.B. aufgrund fehlender Ressourcen oder Potenziale die Gesamtziele nicht erreichen kann oder die Kosten dafür deutlich höher liegen würden als bei einer abgestimmten Strategie. Auf regionaler Ebene wird die Verzahnung allerdings selten mitgedacht. Regionale Zielkonzepte wie z.B. bei Bioenergiedörfern oder 100-Prozent-EE-Regionen fokussieren häufig allein auf den Ausbau von Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien. Eine Ausweitung auf die Säule der Effizienz wird in diesen Fällen erst später erfolgen.

Zeitachse und «lost opportunities»: Eine vorausschauende Energiepolitik berücksichtigt die unterschiedlichen Zeitachsen und Durchdringungsgeschwindigkeiten

⁸ Siehe auch: «Strategien zur Modernisierung II: Mit EKO-Quartieren zu mehr Energieeffizienz», hg. von der Heinrich-Böll-Stiftung, Schriften zur Ökologie, Band 24.

bei der Umsetzung beider Strategiesäulen. Während versorgungstechnische Maßnahmen in der Regel schnell realisiert werden können und damit verhältnismäßig kurzfristig als Klimaschutzoption zur Verfügung stehen, müssen sich Effizienzmaßnahmen an den Investitions- und Substitutionszyklen, beispielsweise der Sanierung des Gebäudebestands, orientieren. Wird dann auf die Sanierung zugunsten des Ausbaus erneuerbarer Energien verzichtet, so kann dies u. U. eine «lost opportunity», eine verpasste Gelegenheit über viele Jahre bis Jahrzehnte bedeuten. Im Rahmen eines langfristigen Stufenplanes können allerdings beide Strategiesäulen auch zeitlich getrennt voneinander geplant und umgesetzt werden. So könnte in einem Bioenergiedorf in einem ersten Schritt die vorhandene Biomasse (z.B. aus Gülle) über ein Blockheizkraftwerk mit Nahwärmenetz vermarktet werden. Im zweiten Schritt kann dann die sukzessive Anpassung der Gebäudestandards erfolgen. Mit der überschüssigen Biomasse werden weitere Abnehmer/innen erschlossen. Umgekehrt könnte bei einem Neubaugebiet ein Passivhausquartier mit klassischer Erdgasversorgung gebaut werden und diese nach etwa 20 Jahren durch Biogas- und/oder Solarthermieranlagen ersetzt werden. In beiden Fällen werden langfristige Klimaschutzziele erreicht. Wesentlich ist dabei nur, dass keine langfristige Option, z.B. durch suboptimale Bestandsanierung während des Nahwärmeausbaus, verbaut wird und dass das Gesamtsystem weiter offen für zukünftige Lösungen bleibt.

Anreize für Innovationen und Systemeffizienz: Die Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz bietet hohe Potenziale zur Optimierung des Gesamtsystems und zur Einbindung innovativer Lösungen. Z.B. sind viele erneuerbare Wärmetechniken (Solarthermie, Geothermie, Abwärmenutzung über Wärmepumpen) auf möglichst niedrige Einspeisetemperaturen angewiesen. Gleichzeitig können durch die Effizienzsteigerung der Gebäudehülle nicht nur Einsparungen von durchschnittlich 60 Prozent erreicht werden, aufgrund des niedrigen Wärmebedarfs können auch die Temperaturen des Heizsystems deutlich gesenkt werden. Der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energien führt zu einem fluktuierenden Energieangebot, das wiederum Innovationen im Bereich der Speicher- und Regelungstechnik erfordert. Erneuerbare Energiepolitik sollte daher nicht nur im Wärmebereich, sondern auch im Bereich Strom und Verkehr durch explizite und implizite Effizienzanreize und -anforderungen eine effiziente Ausgestaltung der Systeme voranbringen. Dann können diese Anreize und Anforderungen neue Innovationsimpulse liefern oder Rohstoffkonkurrenzen begrenzen.

3.2 Auch erneuerbare Energien haben Grenzen

Auch im Wärmebereich werden erneuerbare Energien langfristig fossile Energien ablösen. Das Wort «erneuerbar» suggeriert, dass es keine Begrenzungen für das Angebot dieser Energien gibt. Das ist aber leider nicht der Fall. Die Wärmemenge, die mit erneuerbaren Energien für den Gebäudebereich bereitgestellt werden kann, ist durch verschiedene Restriktionen begrenzt (ifeu 2014b).

Art und Umfang der Restriktionen hängen stark von der jeweiligen Technologie ab und können sich daher auch verändern. Wesentliche Einschränkung ist die

zeitliche Verfügbarkeit. Solarenergie ist z.B. sowohl tages- als auch jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Die Nachfrage z.B. nach Raumwärme kann damit in großem Umfang nur durch aufwändige Speichertechnologien gedeckt werden. Aber auch die absolute Verfügbarkeit der Energiequelle ist maßgeblich. So ist das Angebot fester Biomasse in Deutschland heute schon weitgehend ausgeschöpft. Hier gibt es sowohl eine Konkurrenzsituation bzgl. der Nutzungsflächen (Energie, Landwirtschaft, Naturschutz) als auch bzgl. der Einsatzbereiche der energetischen Nutzung (z.B. für Wärme, Strom oder Mobilität).

Andere Restriktionen sind an die Bebauungs- bzw. Wärmedichte gekoppelt. So können Sondenbohrungen für Wärmepumpen in dicht besiedelten Gebieten eventuell nicht ausreichend Wärme liefern. Für den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen ist eine Mindestbebauungsdichte Voraussetzung (siehe auch Kapitel 5).

In einem Überblick werden im Folgenden Anwendungsfelder und Restriktionen der wesentlichen erneuerbaren Energien im Rahmen einer kommunalen Wärme- wende vorgestellt.

Tabelle 2: Restriktionen für erneuerbare Wärme

Solarthermie	Dachflächen, -orientierung Temperaturniveau Heizsystem Saisonales Angebot Steigerung Nutzungsgrade Maximale Deckungsrate	
	Biomasse Begrenzt Reststoffpotenzial Flächenkonkurrenz Nutzungskonkurrenz Immissionen	
	Geothermie Erschließbares Wärmeangebot (Geothermieeffizienz) Ausreichende Wärmedichte für Wärmenetze Konkurrierende Infrastruktur Wirtschaftlichkeit	
	Wärmepumpe (WP) Temperaturniveaus der Heizungssysteme	
	Sole-Wasser	Bebauungsdichte Geologische/hydrologische Restriktionen Unterirdische Infrastrukturen Bepflanzung Rechtliche Restriktionen (z.B. Schutzgebiete)
	Wasser-Wasser	Entzugsleistung Grundwassertiefe Verockerung (Verstopfung der Pumpe durch Eisen-/Mangan-Ausfällung) Kältefahnen (lokale Temperaturerhöhungen durch WP) Rechtliche Restriktionen (Schutzgebiete)
	Luft-Wasser	Geräuschbelastung Netzbelastung

Solarthermie (Wärme aus Sonne): Eine vollständige Deckung des Heizenergiebedarfs mit solarthermischen Anlagen ist mit den heute marktgängigen Technologien nicht möglich. Da das Solarenergieangebot im Sommer nicht mit der hohen Wärmenachfrage im Winter korreliert, sind hohe Deckungsraten nur mit großen Wärmespeichern realisierbar. Bei optimaler Ausrichtung von Flach- oder Vakuumkollektoren können in Deutschland jährlich etwa 300 bis 500 kWh/pro Quadratmeter «geerntet» werden. Allerdings beeinflusst auch der Gebäudedämmstandard die Ausbeute. Bei sehr gutem Standard mit niedrigen Vor- und Rücklauftemperaturen des Heizsystems können, in Verbindung mit kleineren Tages-Speichern, jährliche Deckungsraten von ca. 20 Prozent für die Raumwärme und 60 Prozent für die Warmwasserbereitung erreicht werden. Mit großen saisonalen Wärmespeichern ist eine solare Deckungsrate von bis zu 60 Prozent des gesamten Wärmeverbrauchs möglich. Solarthermiesysteme müssen daher in der Regel durch andere Energieträger ergänzt werden. Solaranlagen zur Einspeisung in Wärmenetze sind in Deutschland seit ca. zwei Jahrzehnten in einigen Pilotanlagen umgesetzt – 1996 gingen die ersten solaren Großanlagen mit Langzeitwärmespeicher in Hamburg und Friedrichshafen in Betrieb. Eine stärkere Verbreitung, wie z.B. in Dänemark, steht noch aus.

Biomasse: Im Wärmesektor ist die Biomasse derzeit der bei weitem dominierende erneuerbare Energieträger. Als feste und gasförmige Biomasse (z.B. Stückholz, Holzhackschnitzel, Pellets oder Biogas) ist sie zudem gut speicherbar. Pro Quadratmeter Nutzfläche (Wald oder Acker) können allerdings jährlich nur etwa 2–8 kWh Energie nachhaltig «geerntet» werden. Dieser hohe Flächenbedarf bedingt auch, dass das verfügbare Potenzial inzwischen fast ausgereizt ist. Freie Potenziale bestehen vor allem noch bei Grünabfällen, der Landschaftspflege sowie im Bereich der Reststoffe. Importe aus entfernter liegenden Regionen sind zwar grundsätzlich möglich, müssen aber konsequent unter Nachhaltigkeitskriterien bewertet werden. Da es keine verbindlichen Nachhaltigkeitsstandards für den Import gibt, besteht die Gefahr, dass nicht nachhaltige Waldnutzungen in anderen Ländern mit weniger strikten Bestimmungen als in Deutschland zunehmen werden. Dies kann den Kahlschlag von ökologisch wertvollen und bisher ungenutzten Wäldern in immer entlegeneren Regionen bedeuten. In welchem Umfang Biomasse langfristig für den Wärmemarkt überhaupt noch zur Verfügung steht, ist derzeit nicht absehbar (ifeu et al. 2014), denn sie wird zukünftig verstärkt in den Sektoren Mobilität und nichtenergetischer Verbrauch nachgefragt.

Mit dem bestehenden Biomassepotenzial für die Wärmeversorgung der Wohnungen in Deutschland könnten jährlich im Schnitt maximal 30 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche an Wärme bereitgestellt werden. Dieses niedrige Biomassebudget (IWU 2002) zeigt, dass Biomasse nur einen kleinen Teil des Wärmebedarfs decken kann. Da Biomasse speicherbar ist, sollte sie in Zukunft vorwiegend in den Zeiten eingesetzt werden, in denen andere erneuerbare Energien nicht zur Verfügung stehen. Mittelfristig sollten Effizienzstandards bestehender Biomasseversorgter Gebäude erhöht werden, damit das Potenzial auch weiteren Nutzern zur Verfügung steht. Die einfache Verbrennung in Heizkesseln von Ein- und Mehrfamilienhäusern ist wenig effizient und zudem mit hohen Feinstaubemissionen

verbunden. Der Einsatz der Biomasse in größeren Anlagen mit Kraftwärmekopplung ist außerdem effizienter.

Tiefengeothermie: In Deutschland werden als geothermische Energiequelle bisher fast ausschließlich hydrothermale Vorkommen genutzt. Die Nutzung von 40°C bis 100°C warmen Wasser aus Tiefen von 1.000 bis 2.500 m ist vor allem im süddeutschen Molassebecken, im Oberrheingraben und in Teilen der norddeutschen Tiefebene möglich. In der Regel wird mit Hilfe eines Direktwärmeüberträgers das Wasser des Heizkreislaufs erwärmt und in ein Wärmenetz eingespeist. Wirtschaftlich interessant sind geothermische Anlagen ab einer Leistung von ca. 10 MW_{th}. Es ist daher meistens ein Nahwärmenetz erforderlich, das die Wärme an mehrere Verbraucher (z.B. 1.000 bis 2.000 Wohneinheiten) verteilt. Die Nutzung hydrothermalen Erdwärmevorkommen ist stark von den lokalen Gegebenheiten sowohl der Angebots- als auch der Nachfrageseite abhängig. Auch wirtschaftliche Restriktionen sowie die Konkurrenz zur existierenden Infrastruktur (insbesondere von Gasnetzen) begrenzen das theoretische Potenzial beträchtlich. Werden langfristig keine fossilen Energien mehr eingesetzt, kann sich daher das umsetzbare Potenzial verdoppeln oder verdreifachen. Auch das Hot-Dry-Rock-Verfahren, bei dem künstlich Risse im heißen Fels geschaffen werden, durch die später das Wasser zirkuliert, kann das Potenzial erhöhen. Eine pauschale Empfehlung für Tiefengeothermie ist nicht möglich, da sich die örtlichen Nutzungsvoraussetzungen sehr stark unterscheiden.

Oberflächennahe Geothermie: Zumindest im Neubaubereich hat die Nutzung von Erdwärme aus den oberen Schichten (bis zu einer Tiefe von etwa 100 Metern) seit Jahren stark zugenommen. Im Gegensatz zur Tiefengeothermie können hier aber nur Temperaturen von 5 bis 15°C bereitgestellt werden. Um die notwendigen Temperaturen zur Raumwärmeversorgung und zur Warmwasserbereitung erreichen zu können ist daher der Einsatz von in der Regel elektrischen Wärmepumpen nötig. Ein guter Dämmstandard und der Einsatz von Flächenheizungen sowie die damit verbundenen niedrigen Vorlauftemperaturen machen den Betrieb von effizienten Wärmepumpen mit Jahresarbeitszahlen (JAZ) größer 4 möglich. D.h. mit einem Stromeinsatz von 1 kWh können 4 kWh Wärme erzeugt werden. Aus ökonomischen und ökologischen Gründen sollten Wärmepumpensysteme mit JAZ unter 3,0 nicht betrieben werden.

Im Einfamilienhausbereich können Erdkollektoren in 1 bis 2 Meter Tiefe verlegt werden. Bei etwas dichterem Bebauung werden Erdsonden in bis zu 100 Meter Tiefe verlegt. Pro Quadratmeter Erdkollektorfläche können, mit Hilfe von Wärmepumpen jährlich etwa 30 bis 60 kWh Energie «geerntet» werden (bei Sondenfeldern etwa das Vierfache davon).

Das Verhältnis von Energiebedarf zu der zur Verfügung stehenden Grundstücksfläche ist für Erdwärmepumpen ein entscheidender Faktor. Sie begrenzt die Anzahl der möglichen Sonden bzw. die Fläche des Erdkollektors. Bei dichterem Bebauung (ab einer Geschossflächenzahl⁹ von etwa 1,0) kann das Angebot an Erdwärme den

⁹ Die Geschossflächenzahl ist ein Kennwert für die Bebauungsdichte und stellt die Summe der Geschossflächen eines Gebäudes im Verhältnis zur Grundstücksfläche dar. Je höher die Zahl ist, desto dichter ist das Grundstück bebaut.

Bedarf eventuell nicht mehr komplett decken. Abhilfe kann hier entweder durch eine Anhebung des Dämmstandards, durch die Anbindung an ein kaltes Nahwärmenetz (hier kann Erdwärme aus Sondenfeldern in der Nähe herangeführt werden) oder durch ein zweites Heizsystem geschaffen werden. Durch den Einsatz von Solarthermie kann der Kollektor- oder Sondenbereich regeneriert und die JAZ gesteigert werden. Mit zunehmendem Anteil erneuerbarer Energien bei der Stromversorgung sinken auch die CO₂-Emissionen elektrischer Wärmepumpensysteme. Bezogen auf die Raumwärmeversorgung ist insbesondere der Einfluss des Windkraftausbaus auf den bundesweiten Strommix von Bedeutung, da dann das Stromangebot für Wärmepumpen und die Wärmenachfrage deutlich besser übereinstimmen als bei der Photovoltaik.

3.3 Wärmenetze sind gefragt

Vor dem Hintergrund der Effizienzsteigerung im Gebäudesektor (Passivhaus, «Nullenergie»-Haus) erscheint der weitere Erhalt bzw. der Ausbau von Wärmenetzen ambitioniert. Für einen immer kleiner werdenden Energiebedarf muss ein aufwändiges Verteilnetz bereitgestellt werden. Tatsächlich ist dies eine Herausforderung. Allerdings sprechen viele Argumente dafür, dass Wärmenetze zur Erreichung langfristiger Klimaschutzziele auch in Zukunft notwendig sind.

Dämmrestriktionen: Die Umsetzung des Passivhausstandards ist bei Neubauten prinzipiell gut realisierbar. Im Bestand ergeben sich allerdings durch unterschiedliche Dämmrestriktionen (Beuth HS und ifeu 2015) Effizienzsteigerungen von durchschnittlich eher 60 Prozent (Beuth HS und ifeu 2012). Sowohl bauliche Gegebenheiten (Kellerhöhe, Durchfahrtsbreiten etc.) als auch Denkmalschutz und wirtschaftliche Erwägungen führen zu niedrigeren Dämmstandards. Da sich die Sanierung im Bestand, analog zu den anstehenden Sanierungszyklen, über mehrere Jahrzehnte verteilt, besteht genügend Zeit, um die Wärmenetze durch Verdichtung, Ausbau oder Änderung der Betriebsparameter an die Situation anzupassen. Bei günstigen Voraussetzungen (z.B. Mehrfamilienhäuser mit gleichem Sanierungsbedarf in der Hand einer Wohnungsbaugesellschaft) kann auch bei der Sanierung ein Wärmenetzaufbau mit der Umsetzung hohe Dämmstandards unmittelbar verknüpft werden.

Fixkosten: Bei starker Verringerung des Energieverbrauchs dominieren die Fixkosten die Ausgaben für eine Wärmeversorgung. Diese betrifft sowohl Einzelanlagen als auch Wärmenetze. Da langfristig fossile Energien nicht mehr verfügbar sein werden, stehen dann erneuerbare Wärmesysteme in direkter Konkurrenz. Die Fixkosten z.B. für Biomasseanlagen, Solarthermie oder Erdwärme von Zentralanlagen mit einem Nahwärmeverbund können dann in gleicher Höhe oder niedriger liegen als die von Einzelheizanlagen mit erneuerbaren Energien (siehe Kapitel 3.7).

Einbindung unterschiedlicher Energiequellen: In Zukunft wird es nötig sein, alle zur Verfügung stehenden Energiequellen zu nutzen, um von fossilen Energieträgern unabhängig zu werden. Zentrale Energieanlagen mit Wärmenetzen sind für alle Effizienztechnologien offen und eignen sich besonders für den großvolumigen Einsatz erneuerbarer Energien und sonstiger primärenergiesparender Energien.

Manche Energien können, wie z.B. die Wärme aus Strohverbrennung, Tiefengeothermie, Industrieabwärme oder Müllheizkraftwerken, aus technischen Gründen nur in zentralen Anlagen genutzt werden. Oft ist die Nutzung dann, gegenüber Einzelversorgung, deutlich effizienter und kostengünstiger, wie z.B. bei Solarthermieanlagen oder bei Kraftwärmekopplungsanlagen. Folgende Techniken sind für eine Verwendung in Wärmenetzen ausschließlich oder besonders gut geeignet:

- Solarkollektorfelder mit Sommer/Winterspeicher
- Tiefen-Geothermie zur direkten Wärmeversorgung
- Oberflächen-Geothermie in verdichteten Baugebieten über kalte Nahwärmenetze und Wärmepumpen
- Verbrennung/Vergasung von Biomasse mit Kraft-Wärme-Kopplung
- Verbrennung von halmgutartiger Biomasse, wie z.B. Stroh oder Strauchschnitt
- Wärmenutzung aus Müllheizkraftwerken
- Wärmenutzung aus Abwasser über Wärmepumpen
- Wärmenutzung aus Industrieabwärme
- Power-to-Heat: Einbindung von Überschüssen der erneuerbaren Stromversorgung (UBA 2014)

3.4 Strom- und Wärmewende zusammen denken

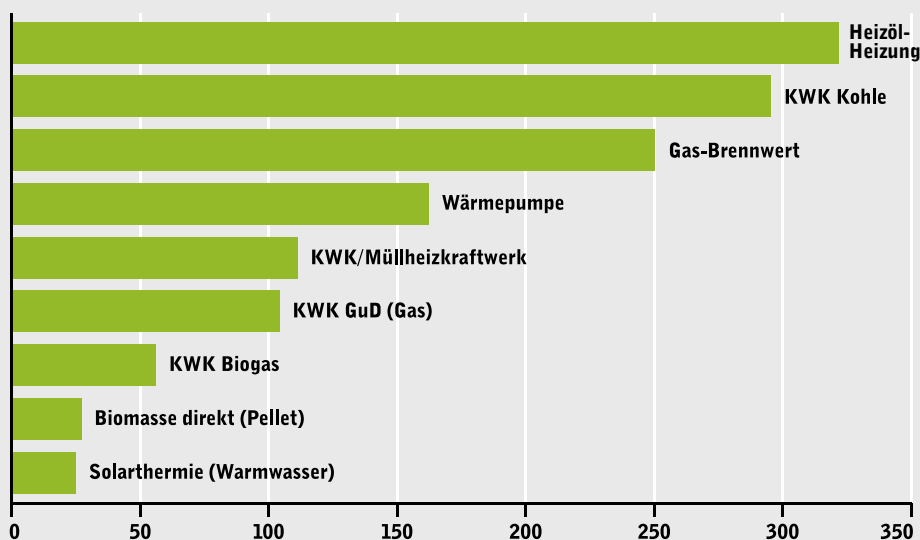
Gegenüber einer getrennten Erzeugung von Strom und Wärme können bei Kraft-Wärme-Kopplungssystemen zwischen 10 und 30 Prozent Primärenergie eingespart werden. Daher ist der Ausbau der KWK ein wesentlicher Teil der politischen Agenda in Deutschland und der EU. Allerdings stehen wir am Anfang einer tiefgreifenden Transformation. Zum einen muss die Umstellung der zurzeit vorwiegend fossilen KWK auf erneuerbare Energien gelingen. Ansonsten würde der CO₂-Vorteil von KWK-Anlagen von Jahr zu Jahr mit der zunehmenden Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien sinken. Insbesondere die großen Fernwärmenetze der Städte sind heute noch zu rund 85 Prozent fossil betrieben. Das führt zu hohen spezifischen CO₂-Emissionen sowohl im Strom- als auch im Wärmebereich. Selbst bei Kohlekraftwerken mit KWK liegen die Emissionen deutlich über denen eines Gasbrennwertkessels.

Zum anderen muss sich die Rolle der KWK in dem wandelnden Energiesystem mit einem zunehmenden Anteil von erneuerbaren Energien ebenfalls verändern. Von der heute vorwiegend wärmegeführten Fahrweise wird die KWK sukzessiv auf stromgeführte Fahrweise umgestellt werden.¹⁰ Durch die hohen sommerlichen Strom- und Wärmeeinspeisungen von Solaranlagen werden sich, analog zu

10 Wärmegeführt bedeutet: Ein Gebiet wird über eine KWK-Anlage mit Wärme versorgt. Der dabei gleichzeitig erzeugte Strom wird selbst verbraucht oder in das Stromnetz eingespeist. Stromgeführt heißt: Die KWK-Anlage erzeugt Strom, sobald dieser im Stromnetz bei guten Strompreisen nachgefragt wird. Die gleichzeitig erzeugte Wärme wird in das Wärmenetz oder in Wärmespeicher eingespeist.

Dänemark, die jährlichen Laufzeiten von KWK-Anlagen allerdings in den nächsten Jahrzehnten erheblich verringern. Die KWK übernimmt dann die stabilisierende Aufgabe zur Einbindung fluktuierender erneuerbarer Energien durch Bereitstellung der Residuallast (die Last, die nach Einspeisung aller erneuerbaren Erzeuger im Stromnetz übrig bleibt). KWK-Anlagen bieten die Möglichkeit zum flexiblen Einsatz und können, in Zusammenhang mit Wärmepumpen und Wärmespeichern und -netzen, positive und negative Regelleistung zur Verfügung stellen. So müssen zurzeit in Schleswig-Holstein, aufgrund von Stromnetzengpässen, bereits etwa 3,5 Prozent des dort erzeugten Windstroms abgeregelt werden (agora Energiewende 2014). Dieser könnte in Wärmenetzen, idealerweise über Wärmepumpen, genutzt werden.

Abb.19: Brennstoffbezogene CO₂-Emissionsfaktoren in g CO₂/kWh



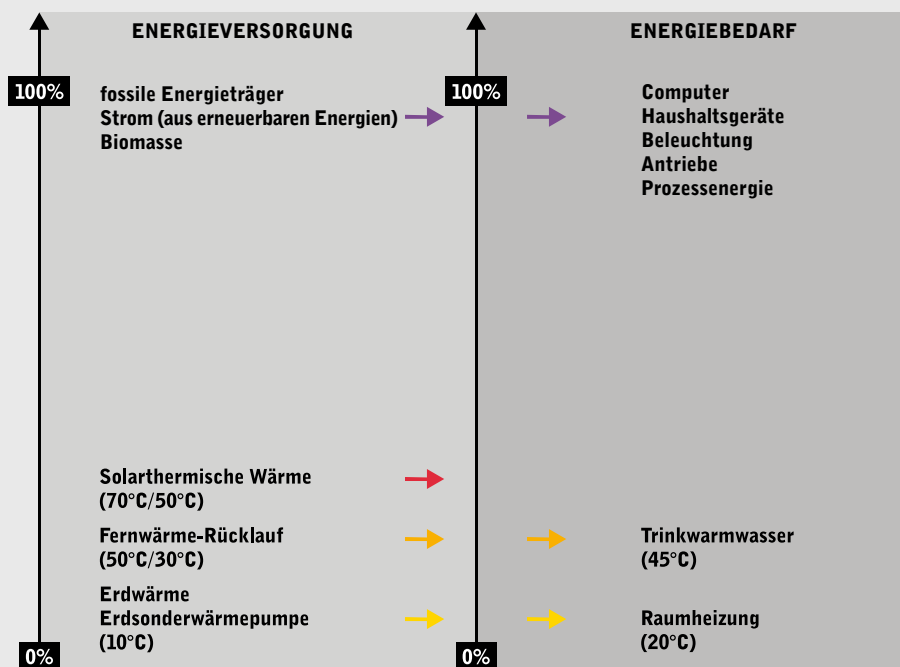
Quelle: GEMIS 4.94; UBA 2013; eigene Berechnungen des ifeu

3.5 Wärme ist nicht gleich Wärme

Bei Optimierung eines Energiesystems wird in der Regel versucht, den Wirkungs- oder Nutzungsgrad auf nahezu 100 Prozent zu erhöhen, um möglichst wenig Energie für den gewünschten Nutzen einsetzen zu müssen. Ein optimales Wärmesystem wäre heute dann der Brennwertkessel, der nahezu 100 Prozent Energie in Niedertemperaturwärme umwandeln kann. Diese Betrachtung vernachlässigt aber die Qualität der Energie, d.h. die Arbeitsfähigkeit oder auch Wandlungsfähigkeit der Energie, auch als «Exergie» bezeichnet. Um ein Energiesystem nicht nur

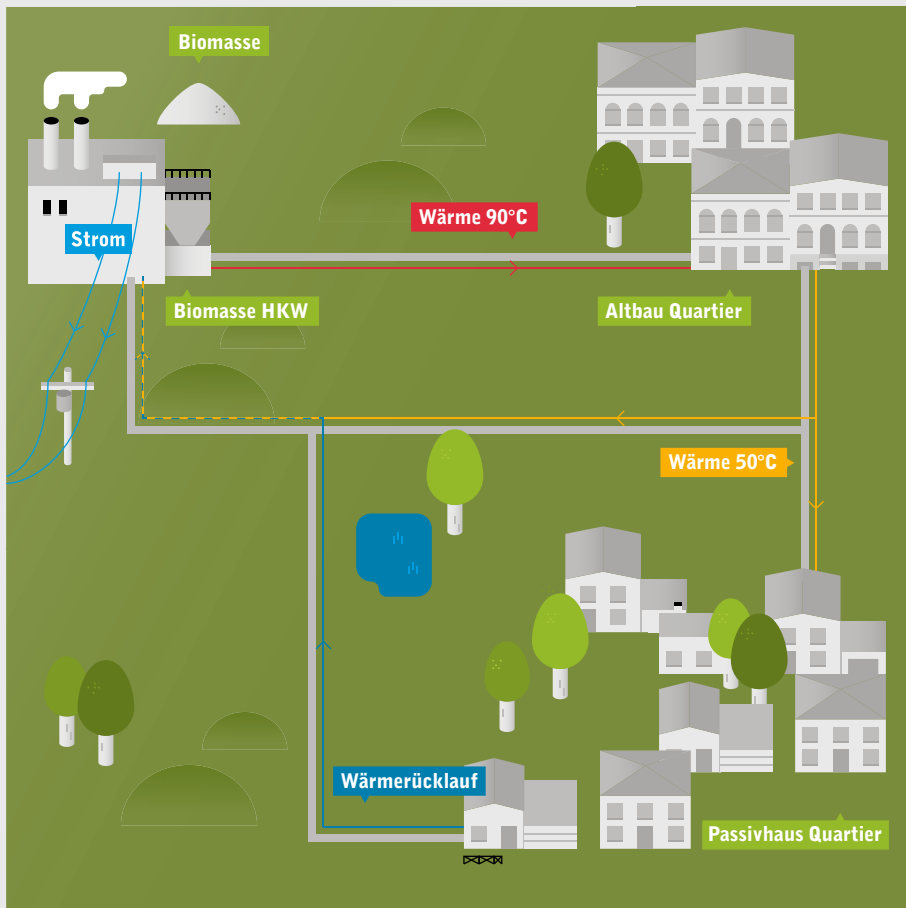
quantitativ, sondern auch qualitativ zu optimieren, sollte die Qualität des Energieangebotes auf die der Energienachfrage abgestimmt sein (ifeu et al. 2014). Der Brennkessel ist zwar effizient, nutzt aber die Energie trotzdem nicht optimal aus. Das eingesetzte Erdgas oder Biogas hat eine hohe Energiequalität (100 Prozent Exergie). Die erzeugte Nutzwärme hat eine extrem niedrige Energiequalität. Raumwärme von 20°C hat lediglich eine Arbeitsfähigkeit von 4 Prozent. Damit gehen 96 Prozent der Arbeitsfähigkeit verloren. Sinnvoller wäre es, mit Gas z.B. in einer KWK-Anlage hochwertigen Strom und niederwertige Wärme zu erzeugen oder mit Gas zuerst eine hochwertige Wärmenutzung zu versorgen (z.B. Hochofen) und mit der Abwärme dann Raumwärme zu erzeugen. Um das gesamte Energiesystem zu optimieren, muss dieser Ansatz auch auf erneuerbare Energien übertragen werden. So sind auch Biomasse oder Strom aus erneuerbaren Energien hochwertige Energieträger, die möglichst nicht direkt in Wärme umgewandelt, sondern entweder in KWK und Kaskadennutzung (gestufte Mehrfachnutzung siehe Abbildung 21) oder über Wärmepumpen genutzt werden sollten.

Abb.20: Unterschiedliche Arbeitsfähigkeit verschiedener Energieträger und Temperaturniveaus im Vergleich



Quelle: ifeu nach Fraunhofer IBP

Abb.21: Kaskadierung eines Wärmestroms



Quelle: eigene Darstellung

Im günstigen Fall kann eine Kaskadennutzung auch über mehrere Stufen erfolgen. Wie die Abbildung 21 zeigt, könnte aus dem Rücklauf eines klassischen Fernwärmenetzes mit einer Temperatur von 50°C ein weiteres Wärmenetz, wie z.B. eine Passivhaussiedlung, versorgt werden. Langfristig könnte sogar noch die Nutzung des Rücklaufs von 25°C aus der Passivhaussiedlung über Wärmepumpen für ein weiteres Gebiet zur Verfügung stehen. Diese Temperatur ist immer noch deutlich höher als die Durchschnittstemperatur eines Erdwärmekollektors von 5°C bis 15°C. Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe würde damit, je nach verwendetem Verteilsystem, bei 5 bis 6 liegen.

Die meisten heutigen großen Fernwärmesysteme sind nicht nur von der erneuerbaren Zukunft weit entfernt, sondern auch von der Transformation hin zu LowEx-Netzen, d.h. zu Wärmenetzen, bei denen das Energieangebot auch qualitativ (in Bezug auf Exergie) an die Energienachfrage angepasst ist. So sollten Dampfnetze nur für den Prozessdampfbedarf zur Verfügung stehen und ansonsten in Heiß- oder Warmwassernetze umgebaut werden.

Detaillierte Strategien für eine zukunftsorientierte Fernwärmepolitik können in *TRAFO* (ifeu und GEF/AGFW 2013) und *Fernwärme 3.0* (Hamburg Institut 2015) nachgelesen werden.

3.6 Reboundeffekte vermeiden und Suffizienz fördern

Auch im Wärmebereich können die langfristigen ambitionierten Ziele nur erreicht werden, wenn sie nicht durch eine steigende Nachfrage kompensiert werden. In den letzten Jahrzehnten wurde ein Großteil der Effizienzsteigerung bei Gebäuden durch den höheren Wohnflächenbedarf wieder ausgeglichen. Die durchschnittliche Wohnfläche ist von 1960 bis heute von 20 auf 45 Quadratmeter pro Person gestiegen (siehe Abbildung 22).

Obwohl der Raumwärmebedarf nach der 1. Ölkrise 1973 unter anderem durch mehrere Verordnungen erheblich reduziert wurde, blieb der Pro-Kopf-Verbrauch seit den 70er Jahren nahezu konstant. Auch bei einer zukünftigen erheblichen Verringerung des Raumwärmebedarfs ist abzusehen, dass es durch den weiter steigenden Wohnflächenbedarf pro Einwohner/in nur zu einer geringen Reduzierung des Pro-Kopf-Verbrauchs kommen wird.

Diese direkten Rebound-Effekte könnten eventuell vermieden werden, wenn sich das Augenmerk der Stadtplaner/innen stärker auf das Thema Suffizienz richtet: Städte und Häuser sollten in Zukunft so geplant werden, dass eine geringe persönliche Wohnfläche oder der Wechsel in eine kleinere Wohnung nicht (zwangsweise) zu Nutzen- bzw. Komforteinbußen für die Bewohner/innen führt. Der öffentliche Raum könnte attraktiver gestaltet werden und verstärkt auf eine gemeinschaftliche Nutzung von Räumen in dem Quartier (z.B. Werkstätten) ausgerichtet sein.

Ein außergewöhnliches Beispiel für suffizientes Wohnen und Arbeiten ist die Genossenschaft Kalbreite in Zürich. Dort wurden unter anderem auch Ziele zu Integration und Durchmischung, zu sozialen Kontakten, Solidarität und Gerechtigkeit sowie der Mitwirkung der Mieter/innen formuliert.

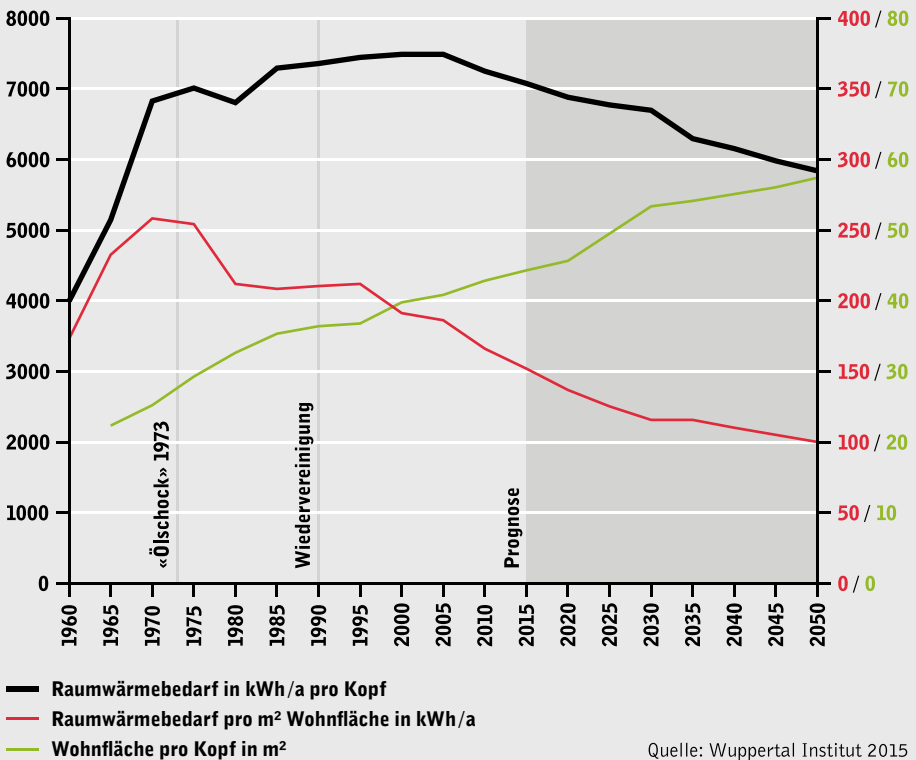
«Ziel ist hier u.a. die ausreichende Ausstattung der Wohnfläche einer Person auf nicht mehr als 35 m² (Durchschnitt in der Schweiz: 50 m²). Um dies ohne Verzicht auf Großräumigkeit zu erreichen, wird ein überdurchschnittlicher Anteil großer Wohnungen erstellt, die von mehreren Personen und damit effizienter bewohnt werden. Zudem stehen gemeinschaftliche Räume wie

Büroarbeitsplätze und Gästezimmer zur Verfügung, um die Wohnungen von weniger häufig beanspruchten Nutzungen zu entlasten».¹¹

Es werden z.B. «Wohnjoker» zur Verfügung gestellt. Diese separaten Zimmer mit Dusche/WC lassen sich zu den Wohnungen hinzu mieten. Sie dienen der räumlichen Flexibilität der Bewohner/innen und fangen einen vorübergehend gestiegenen Raumbedarf einzelner Bewohner/innen auf.

Die Einbindung von Suffizienz-Fragen in die kommunale Planung endet daher nicht bei der Frage nach energiesparender kompakter Bauweise mit einer ökologischen Energieversorgung. Vielmehr geht es um eine insgesamt nachhaltige Infrastruktur für den täglichen Bedarf (Nahrung, Konsum, Mobilität) und die Vision eines gesellschaftlichen Miteinanders auf hohem Niveau im Sinne der WHO-Definition von Gesundheit (Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens). Die Kommunalpolitik kann konkret aktuelle Fragen der Gesellschaft

Abb.22: Raumwärme im Spannungsfeld von Wärmedämmung und Wohnflächennutzung



11 «Die Kalkbreite – ein neues Stück Stadt» (Projektdokumentation 2011).

(z.B. der Gentrifizierung) aufnehmen und Lösungen auf Quartiersebene mit den Bürger/innen entwickeln.

3.7 Im Quartier spielt die Musik

Für die Zukunft einzelner Gebäude gibt es bereits viele Optionen einer nachhaltigen Energienutzung und Versorgung. Überlässt man die Entscheidung dafür allerdings den einzelnen Marktakteur/innen und Nutzer/innen, so ergeben sich sehr heterogenen Einzellösungen, die unter Umständen radikalere Optionen nicht berücksichtigen und damit wesentliche Potenziale auf dem Weg zu einem klimaverträglichen Wohnen und Leben blockieren. Das Quartier bietet die optimale Planungsebene zwischen allgemeinen kommunalen Zielen auf Stadtebene und der Betrachtung einzelner Gebäudelösungen.

Vor diesem Hintergrund müsste sich ein systematischer konzeptioneller Ansatz vom Einzelgebäude lösen und sich auf den «Energetischen Umbau im Quartier» richten (Fraunhofer UMSICHT 1998).

Der größte Handlungsspielraum bei der Gestaltung eines nachhaltigen Quartiers ergibt sich bei der Neubauplanung. Hier werden grundsätzliche Fragen zu Nutzungszuschnitt, Bevölkerungsdichte, Bebauungsstruktur, Dämmstandard oder Wärmeversorgung im Vorfeld entschieden. Am meisten Musik spielt hier die Vorentscheidung zur Bebauungsdichte. Optimal für die Nahversorgung sind eine verdichtete Bebauung und ein geringer einwohner-bezogener Wohnflächenbedarf. Neben der energiesparenden kompakten Bauweise mit guten Voraussetzungen für eine ökologische Wärmeversorgung über Wärmenetze bietet diese Bauweise auch die ideale nachhaltige Infrastruktur für den täglichen Bedarf (Nahrung, Konsum, Mobilität).

Was ist ein Quartier?

Vor dem Hintergrund der energetischen Quartierssanierung als Beitrag zum Klimaschutz erscheint eine flexible Auslegung des Quartiersbegriffs sinnvoll. Für die Erreichung dieses Ziels kommt es primär auf einen eigentümer- und/oder objektübergreifenden Planungs- bzw. Handlungsansatz an. Dies kann bereits bei drei Einzelgebäuden zutreffend sein, schließt jedoch auch Gebiete mit einem umfangreichen Gebäudebestand, weitläufige Baublöcke oder Einfamilienhaussiedlungen ein.¹²

¹² Im Rahmen der KfW-Förderung «Energetische Stadtsanierung» ist ein Quartier definiert als mehrere flächenmäßig zusammenhängende private und/oder öffentliche Gebäude inkl. der öffentlichen Infrastruktur und entspricht einem Gebiet unterhalb der Stadtteilgrenze (vgl. www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-%28Inlandsf%C3%B6rderung%29/PDF-Dokumente/6000002110-M-Energetische-Stadtsanierung-432.pdf).

Die Herausforderungen auf Quartierebenen besteht darin, unterschiedliche Eigentümer/innen und Nutzer/innen von nachhaltigen Investitionen zu überzeugen. Dies kann aufgrund von rein wirtschaftlichen Erwägungen erfolgen, oftmals spielen bei Investitionen aber auch der Umwelt- und Klimaschutz sowie subjektive Kriterien eine wichtige Rolle.

Insbesondere in Quartieren mit einem hohen Anteil an Mietwohnungen spielen die Bewohner/innen als Nutzer/innen eine wichtige Rolle – zum einen deren wirtschaftliche Verhältnisse und zum anderen soziale Aspekte, wie Altersstruktur, Beschäftigungssituation oder der Anteil von Migrant/innen. Einfluss haben diese Aspekte vor allem auf die Rentabilität von Investitionen und darauf, wie stark die Kommunen beispielsweise in Bezug auf die gleichzeitige Aufwertung der Freiräume eingebunden sein müssen.

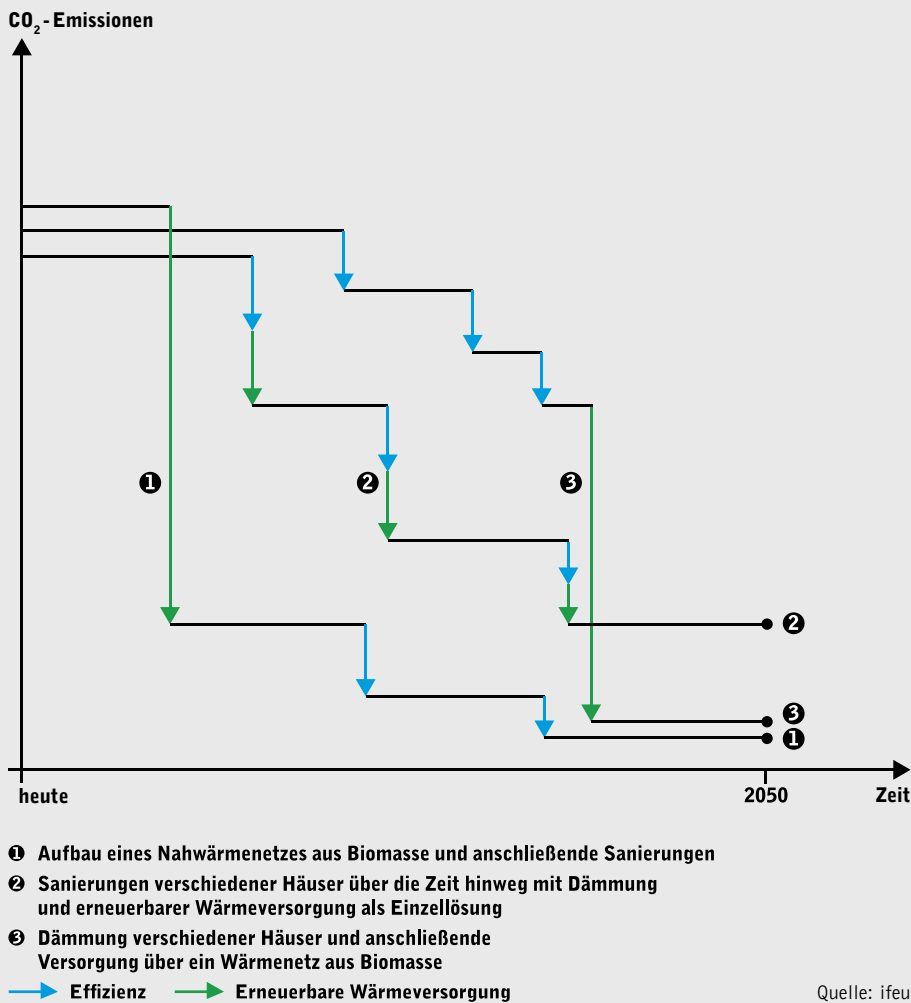
Weitere wesentliche Kriterien bei der Quartierssanierung liegen im Gebäudebestand bzgl. Gebäudetypen, Siedlungstypen, Baujahr, Sanierungszustand und Bebauungsstruktur. Bei Großwohnsiedlungen mit meist homogenen Gebäudestrukturen ist eine Quartierssanierung zumeist unproblematischer, während bei kleinteiliger Bebauung, wie z.B. in Gründerzeitvierteln, bauliche Komponenten eine ganz wesentliche Rolle spielen.

Insofern spielen bei der Quartierssanierung sowohl baulich-räumliche Kriterien als auch die subjektive Wahrnehmung der Eigentümer/innen und Bewohner/innen sowie das soziale und wirtschaftliche Umfeld eine zentrale Rolle. Bei der Festlegung von Quartiersgrenzen sollte daher neben den sich aus dem geplanten Maßnahmenkatalog ergebenden Kriterien auf einen möglichst homogenen Gebäudebestand sowie eine sinnvolle Eigentümerstruktur geachtet werden.¹³

Die Abbildung 23 zeigt plakativ den Sanierungsfahrplan eines heizölversorgten Bestands-Quartiers. Wird die Entwicklung dem Markt überlassen (Variante 2), so würden sich suboptimale Lösungen durch Einzelsanierungen ergeben und das Ziel einer CO₂-armen Wärmeversorgung nicht erreicht. Stehen unmittelbar in der Nähe hohe nutzbare Wärmequellen (z.B. aus Biogas) zur Verfügung, so könnten die Gebäude in kurzer Zeit an ein Nahwärmenetz angebunden werden. Die THG-Emissionen würden stark sinken (Variante 1). Langfristig würden die Gebäude dann nachgedämmt, wodurch es zu einer weiteren Verringerung der THG-Emissionen kommt. Die freiwerdende Wärme aus Biomasse steht dann anderen Abnehmer/innen zur Verfügung. Bei einer Effizienzstrategie (Variante 3) würden erst alle Gebäude in wenigen Jahren nachgedämmt. Das ist z.B. bei homogener Bebauungs- und Besitzerstruktur möglich. Eine nachträgliche Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien (z.B. aus Solarthermie und/oder Geothermie) könnte dann später erfolgen.

13 Siehe auch: «Strategien zur Modernisierung II: Mit EKO-Quartieren zu mehr Energieeffizienz», Heinrich-Böll-Stiftung, Schriften zur Ökologie, Band 24.

Abb.23: Qualitative Beispiele für Sanierungspfade für ein Bestands-Quartier



Die Konzipierung, Planung und Umsetzung einer nachhaltigen Wärmeversorgung führt zu einem hohen Bedarf an Information, Koordination und Kooperation, da die Gebäudeeigentümer/innen und -nutzer/innen mit ihren unterschiedlichen Interessen und Lebenslagen eingebunden und überzeugt werden müssen. Hier geben die Wärmenutzungsplanung und ein Sanierungsfahrplan (UBA 2014) für Gebäude und Quartiere langfristige Planungssicherheit.

Exkurs: Zur Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen

Wie vielfältig allein schon die technischen und wirtschaftlichen Optionen einer Quartiersversorgung mit dem Ziel einer klimaverträglichen Sanierung sein können, zeigt das Beispiel aus der UBA-Studie «Strom- und Wärmeversorgung einer Siedlung bei unterschiedlichen Energieeffizienz-Standards» (UBA 2013). Dort können auch alle Details nachgelesen werden, die hier nur in aller Kürze dargestellt werden. Mit höherem Dämmstandard sinkt bei einer klimaverträglichen Sanierung der Bedarf an Wärme, zusätzlich steigt der Anteil der Verteilverluste in den Wärmenetzen. Eine Frage der Studie lautete: Ist es in Zukunft noch wirtschaftlich, Nah- und Fernwärmenetze zu bauen oder auszubauen?

Um die Abhängigkeiten der Versorgungsoptionen vom Dämmstandard zu beleuchten, wird dort ein bestehendes Quartier mit drei unterschiedlichen Sanierungsstufen behandelt:

- Unsaniertes Zustand
- Gut saniertes Zustand
- Sehr gut saniertes Zustand

Für diese 3 Dämmstandards werden 13 Versorgungsoptionen dargestellt und hinsichtlich Primärenergie (PE), Endenergie (EE), Treibhausgas-Emissionen (THG) und Wirtschaftlichkeit verglichen. Diese Varianten reichen vom klassischen Gasbrennwertkessel mit und ohne Solaranlage bis zur Nahwärmeversorgung mit Gas-BHKW, Holzheizwerk oder auch kalter Nahwärme. Die Ergebnisse zu PE, EE und THG zeigen folgendes:

1. Geringen Endenergieverbrauch weisen in allen Dämmvarianten die elektrischen Wärmepumpen ohne und mit Solarthermie auf. Allerdings wird als Energieträger Strom eingesetzt, der aufwändig erzeugt werden muss. Daher schneiden diese Varianten bei PE und THG schlecht ab.
2. Besonders niedrige PE- und THG-Werte bringen die Holzheizungen ohne und mit Solaranlage. Der Endenergieverbrauch liegt allerdings im Vergleich sehr hoch.
3. Bis auf die in 1) und 2) genannten Varianten ist augenfällig, dass die entscheidende Verringerung von EE, PE und THG durch die Erhöhung der Dämmstandards erfolgt. Die Versorgungsstruktur ist hier erst in zweiter Linie einflussreich.

Die Kostenbetrachtung kommt u.a. zu folgenden Ergebnissen:

- Die, über die Nutzungsdauer von 15 bis 30 Jahren ermittelten Gesamtkosten verringern sich bei allen Varianten nach umfangreicher Sanierung um

mehr als die Hälfte. Dies beruht vor allem auf den extrem stark reduzierten Verbrauchskosten.

- Werden die Berechnungen mit unterschiedlichen Preissteigerungsraten durchgeführt, so zeigt sich, dass die Ergebnisse mit steigenden Energiepreisen sich deutlich zu Gunsten der Varianten mit besseren Energiestandards verbessern.
- Die Fixkostenbetrachtung ergibt, dass sowohl bei dezentralen Einzelsystemen als auch bei zentralen Systemen mit Wärmenetzen ähnliche Spannbreiten der Fixkosten auftreten. Das bedeutet, dass Wärmenetze natürlich einen Mehraufwand verursachen, dass dieser sich aber in ähnlicher Größenordnung bewegt wie die Summe der Fixkosten von Einzelsystemen.

Bezogen auf Wärmenetze kommt die Studie zu folgendem Schluss:

«Leitungsgebundene Systeme können auch bei niedrigem Wärmebedarf und trotz auftretender Leitungsverluste wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll sein. Bei allen Energiestandards von unsanierten Gebäuden bis zu Passivhäusern fanden sich Lösungen, Wärme mittels Wärmenetzen wirtschaftlich und ökologisch bereitzustellen. Darunter finden sich klassische (z.B. Fernwärme) und innovative Techniken für energieeffiziente Gebäude: Nahwärme-Lösungen mit Blockheizkraftwerk, Holzheizwerk oder «kalte Nahwärme», bei der mehrere Wärmepumpen ein Erdsondenfeld gemeinsam nutzen. Bei niedrigem Wärmebedarf ist es wichtig, die Verteilverluste eines Wärmenetzes zu verringern z.B. mit Doppelrohren und verstärkter Wärmedämmung; die zusätzlichen Kosten für die Isolierung sind im Vergleich zu den Investitionskosten des Wärmenetzes gering bis vernachlässigbar.»

(UBA 2013:17)

4 Strategien für die kommunale Wärmewende entwickeln

Kapitel 1 hat gezeigt, dass Kommunen vielen Herausforderungen bei der Umsetzung einer Wärmewende gegenüberstehen. Gleichzeitig existieren aber auch heute schon gute Beispiele (siehe Kapitel 2) die u.a. zeigen, dass der Erfolg von Maßnahmen wesentlich von der Akteurseinbindung vor Ort abhängt. Hier muss die Akzeptanz für die weitreichende Perspektive hin zu einer CO₂-armen Wärmenutzung und -erzeugung aufgebaut werden. Deswegen werden im folgenden Abschnitt (4.1) relevante Akteur/innen beschrieben und die Situation, wann und in welcher Form sie einzubinden sind, erläutert. Sind die Akteur/innen definiert, gilt es zu klären, welche Strategie entwickelt werden soll und mit welchem Konzepttyp dies am besten erfolgen könnte (Abschnitt 4.2). Im letzten Abschnitt werden die zur Verfügung stehenden Instrumente und Fördermöglichkeiten für Kommunen im übergeordneten Kontext beschrieben. Konkrete Angebote und Instrumente für den Einstieg zur kommunalen Wärmewende finden sich im darauffolgenden Kapitel 5.

4.1 Akteur/innen der Wärmewende

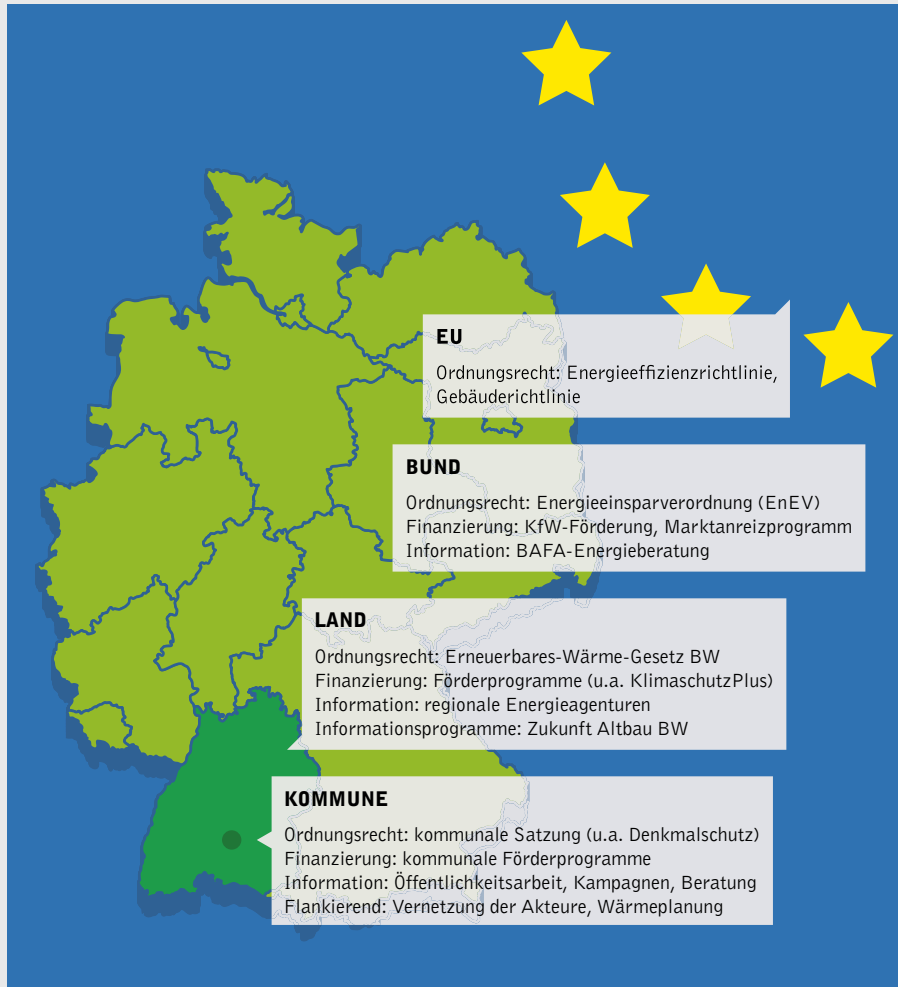
Kommunen bzw. die kommunalen Vertreter/innen können die lokale Wärmewende nicht alleine schaffen. Sie können jedoch auf das Know-how und die Erfahrungen einer Vielzahl von lokalen Akteur/innen zurückgreifen. Die Akteur/innen werden so zu Nutznießer/innen, Gestalter/innen als auch Umsetzer/innen der Wärmewende. Wichtig ist eine frühzeitige Einbindung in die kommunalen Planungen. Gleichzeitig müssen in diesen Planungen bestehende Aktivitäten berücksichtigt werden. Eine erfolgreiche kommunale Wärmewende erfordert damit eine umfassende Verzahnung von verschiedenen Handlungs- und Akteursebenen.

4.1.1 Akteur/innen außerhalb der Kommune

Unterstützung durch Akteure auf Bundes- und Landesebene

Bei der Wärmewende steht eine Kommune nicht alleine da. Sie agiert innerhalb von Rahmenbedingungen, die auf EU-, Bundes- und Landesebene gesetzt werden. So gibt es rechtliche Vorgaben und finanzielle Anreize sowie zahlreiche andere Instrumente, um lokale Akteure für klimafreundlicheres Agieren im Wärmebereich zu motivieren.

Abb.24: Beispielhafte Maßnahmen im Mehrebenensystem für Sanierung und Wärmeversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern



Quelle: ifeu

Im Bereich der Wärmewende gibt es mehr oder weniger starke Impulse von Seiten der Europäischen Union (EU). Positives Beispiel ist die im Jahr 2010 neu gefasste EU-Gebäuderichtlinie. Gemäß dieser Richtlinie müssen die EU-Mitgliedsstaaten der EU u.a. alle fünf Jahre berichten, ob sie das angestrebte Energieeffizienz-Niveau erreicht haben. Ein Instrument, das zurzeit nicht greift, ist das im Jahr 2005 geschaffene Emissionshandelssystem (EU ETS). Seit Beginn des Handels haben sich die Preise pro Tonne CO₂ immer weiter nach unten bewegt. Statt des ursprünglich

anvisierten Preises von 30 Euro liegt er zurzeit (2015) deutlich unter 5 Euro pro Tonne. Das begünstigt u.a. die Stromerzeugung aus Kohle zu Lasten flexibler Gaskraftwerke und gefährdet die Klimaschutzziele.

Auf nationaler Ebene sind zwei Bundesministerien mit ihren Aktivitäten die Hauptakteure der Wärmewende. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) spielt mit seinen Aktivitäten, Angeboten und Förderprogrammen wie z.B. dem Marktanreizprogramm und Maßnahmen aus dem Nationalen Aktionsplan für Energieeffizienz (NAPE) eine wichtige Rolle. Unter dem BMWi läuft z.B. auch das Förderprogramm der KfW «Energieeffizient sanieren». Auch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) unterstützt mit seinen Konzeptförderungen sowie den Aktivitäten der Bau- und Stadtplanung zu Effizienz und Klimaschutz die lokale Wärmewende. An das BMUB sind auch Förderprogramme der KfW (z.B. «Energetische Stadtsanierung») angedockt.

Als länderspezifische Aktivitäten der Wärmewende wurden beispielhaft schon das Erneuerbare Wärmegegesetz in Baden-Württemberg, die Förderung von Energienutzungsplänen in Bayern und von Wärmenetzen in Mecklenburg-Vorpommern sowie Informations- und Unterstützungsangebote in Schleswig-Holstein und Bayern genannt.

Die Kommune nimmt hier eine Sonderrolle ein, denn sie hat mit den Zielgruppen vor Ort direkten Kontakt. Sie sollte aber nicht versuchen, die auf höheren Ebenen vorgegebenen Rahmenbedingungen zu «übertreffen», sondern diese mit den beschriebenen speziellen Möglichkeiten der Kommune zu verknüpfen. So zeigt das Beispiel in der Abbildung 24 auf, dass v.a. das Instrument «Information» bei der Sanierung von Einfamilienhäusern eine sinnvolle Ergänzung sein kann. So werden Maßnahmen auf höherer Ebene (v.a. Förderungen und administrative Vorgaben) für lokale Akteur/innen bekannt gemacht, und die Kommune kann beispielsweise zu Förderungen und möglichen Kombinationen von Fördermitteln beraten und informieren. Grundsätzlich stehen auf jeder Ebene vier verschiedene Maßnahmentypen zur Verfügung:

- **Regulatorische Maßnahmen.** Dieser Maßnahmentypus basiert auf der hoheitlichen Möglichkeit einer Ebene, das Verhalten von Akteur/innen durch gesetzgeberische Maßgaben und Vorgaben Grenzwerte zu beeinflussen und durchzusetzen. Was Kommunen tun können, ist häufig schon durch Gesetze, Verordnungen oder Förderprogramme des Bundes und der Ländern vorgegeben. Im Bereich der Stadt- und Bauleitplanung kann die Kommune eigenständig aktiv werden. (vgl. Kasten auf der Folgeseite).
- **Finanzielle Maßnahmen.** Die Förderung von Technologien kurz vor der Marktreife oder die Erhebung von Abgaben soll Akteurinnen und Akteure bei Investitionsentscheidung zu Gunsten des erwünschten Verhaltens steuern. Eine Förderung soll demnach v.a. Anreize setzen, um den Wärmemarkt in die gewünschte Richtung zu lenken. Kommunale Maßnahmen in diesem Bereich können nicht den Umfang von Finanzierungsmaßnahmen auf höherer Ebene erreichen (z.B. über die KfW). Es sollten deswegen bestehende Förderungen gezielt ergänzt

werden, um eine noch höhere Wirkung zu erzielen (z.B. Zuschuss zur Nutzung von Passivhauselementen bei einer KfW-Förderung). Außerdem kann die Kommune Förderangebote als Impuls zur Beratung nutzen.

- **Information.** Gerade auf kommunaler Ebene als Umsetzungsebene spielen diese Maßnahmen eine wichtige Rolle. Bei diesen sogenannten weichen Maßnahmen wird versucht, gewünschte Effekte durch Information zu erreichen. Neben der Energieberatung können Informationen und Austausch auf vielfache Weise gefördert werden. Auf Bundesebene werden Beratungen über die BAFA-Energieberatung gefördert. Auf Länderebene können die in vielen Ländern existierenden Landesenergieagenturen selbst beraten oder Berater/innen vermitteln.
- **Flankierende Maßnahmen.** Hier wird die Kommune als Moderatorin und Initiatorin aktiv und unterstützt lokale Aktivitäten. Neben der Vernetzung von Akteuren können auch die Gründung von Genossenschaften und Vereinen unterstützt werden, welche die Energiewende aktiv voranbringen wollen.

Regulatorische Möglichkeiten von Kommunen bei der lokalen Wärmewende (Ausschnitt)

- Bauleitplanung (KWK, bauliche Voraussetzungen für den Einsatz erneuerbarer Energien, Brennstoffverbrennungsverbote und -beschränkungen, kompakte Siedlungsformen, Ausrichtung der Bebauung)
- Städtebauliche Verträge (Festlegungen für Effizienzstandards und Versorgungsformen)
- Stadtumbau- und Sanierungsmaßnahmen nach BauGB (u.a. Einsatz Erneuerbarer Energien, KWK, Ausrichtung und Kompaktheit der Gebäude)
- Außenbereichsplanung (Standorte erneuerbarer Energien)
- Anschluss- und Benutzungszwang
- Satzungen zum Einsatz erneuerbarer Energien

Die Einbeziehung regionaler Akteur/innen

Eine Vielzahl von Fragen der lokalen Wärmewende stellt sich nicht ausschließlich in der Gemeinde oder Stadt alleine. Idealerweise werden diese auch auf regionaler Ebene mit den entsprechenden Stakeholdern diskutiert. Insbesondere die Aufteilung von nicht gleichmäßig verteilten Wärmenutzungspotenzialen (z.B. Biomasse) ist ein Thema, dass beispielsweise nur Städte und die ländlichen Regionen um sie herum gemeinsam lösen können. Stadt-Land-Kooperationen wären eine Möglichkeit, um national knappe Ressourcen gerecht zu verteilen. So wird vermieden, dass beispielsweise die gesamte Biomasse einer walddreichen Region lediglich zur Beheizung ineffizienter Häuser über ein Nahwärmenetz genutzt wird.

Bei der Gestaltung der lokalen Wärmewende sollten daher regionale Akteur/innen wie Nachbarlandkreise und -kommunen, Vertreter/innen von Land- und Forstwirtschaft sowie Vertreter/innen der Regionalentwicklung einbezogen werden.

4.1.2 Akteur/innen in der Kommune

Die lokalen Akteur/innen der Wärmewende können so vielfältig wie die Kommunen selbst sein. Im Folgenden soll deswegen ein allgemeiner Überblick gegeben werden, welche Personen(-gruppen) in welchem Maße ihren Beitrag bei der kommunalen Wärmewende spielen können.

Kommune als Initiatorin und Koordinatorin

Bereits die kommunale Verwaltung ist vielfältig. In Politik und Verwaltung sind eine Reihe unterschiedlicher Interessen vertreten.

Ist seitens der lokalen Politik (Bürgermeister/in als Verwaltungschef/in bzw. das kommunale Parlament) eine Entscheidung für eine lokale Wärmewende getroffen, liegt es in der Hand der verschiedenen Ämter, eine erfolgreiche Umsetzung zu initiieren. Bestehende Strategien müssten dahingehend begutachtet werden, inwieweit Synergien genutzt und Widersprüche aufgelöst werden können. Dabei gilt es, sowohl bestehende Ämter als auch (gegebenenfalls neue) Querschnittsstellen zu berücksichtigen:

- **Fachämter mit bestehenden Aufgaben:** Die Wärmewende ist ein Querschnittsthema, das bestehende Ämter in vielen Bereichen tangiert. Umso wichtiger ist es, diese Ämter in Konzeption und Umsetzung von Beginn an miteinzubinden und das bestehende Wissen zu nutzen. Gleichzeitig ist zu klären, welche Aktivitäten die Ziele der Wärmewende fördern oder sogar gefährden können. Welche Fachämter dabei eine wesentliche Rolle spielen, kann u.a. Tabelle 3 entnommen werden.
- **Querschnittsstellen:** Verschiedene Förderprogramme ermöglichen es Kommunen heute, neue Mitarbeiter/innen einzustellen, welche sich mit der lokalen Wärmewende konkret auseinandersetzen können. Dabei können diese Stellen entweder auf Ebene der gesamten Kommune (Klimaschutzmanager/innen) oder auf Quartiersebene (Quartiers- bzw. Sanierungsmanager/innen) agieren. Diese Stellen sollten auf optimale Weise in die bestehenden Verwaltungsstrukturen eingebunden werden. Dabei können sie in bestehende Fachämter integriert werden oder in Form einer Stabsstelle als zentraler Anlaufpunkt das Thema bearbeiten. Unabhängig von einer zentralen oder dezentralen Ansiedlung ist es für eine effektive Umsetzung wichtig, dass die Stelle mit Weisungsbefugnis oder zumindest mit entsprechenden Möglichkeiten ausgestattet wird, um in den bestehenden Verwaltungsstrukturen wirksam zu agieren.

Tabelle 3: Lokale Ämter und Stellen in der kommunalen Wärmewende (Auszug)

	Motivation	Gestaltungsmöglichkeiten der Wärmewende	Einbindung bei Konzeption/Umsetzung
Stadtplanungsamt/ Bauamt	Einbindung von Aspekten der Wärmewende in neue stadtplanerische Aktivitäten und aktuelle bauliche Entwicklungen. Nutzung von Synergien durch Verknüpfung mit eigenen Aktivitäten.	Berücksichtigung in Bauleit- und Flächennutzungsplänen, Beauftragung von Studien, Erstellen von Entwicklungskonzepten und Ausschreibung von Wettbewerben.	Enge Abstimmung mit gesamtkommunalen Aktivitäten. Nutzung von «Windows of opportunities» bei Stadtplanung bzw. Wärmewende.
Hochbauamt/ Gebäude- management	Energieeffiziente und kostengünstige Unterhaltung von kommunalen Liegenschaften. Einbettung der Aktivitäten in langfristige Strukturen (z.B. über Sanierungsfahrpläne).	Entwicklung von Leitlinien für Austausch und Sanierungen, Potenzialanalyse Liegenschaften, Planung und Umsetzung von innovativen Versorgungslösungen.	Abstimmung mit Aktivitäten und Versorgungslösungen bei den eigenen Gebäuden, z.B. für Initiierung von Nahwärmenetzen.
Umweltamt	Wärmewende als Chance zur Integration von erneuerbaren Energien, Verringerung des Energieverbrauchs und weiteren ökologischen Aspekten (z.B. Reduktion anderer Emissionen) in der Kommune.	Erstellung von Klimaschutzkonzepten, Information, Vernetzung und Förderung von wärme-relevanten Themen (z.B. Sanierungsförderung oder Dachflächenkataster Solarthermie).	Abstimmung mit Aktivitäten des Umweltamtes bei Aktivitäten zur Förderung erneuerbarer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung.
Quartiers- manager	Wärmewende im Quartier als zentrales Thema, um Quartiere langfristig sozialer, günstiger und ökologischer zu gestalten.	Energetische Quartierskonzepte und Manager (inkl. Förderung vgl. Kapitel 3.2.3) mit der Initiierung von Maßnahmen im Quartier über Vernetzung von Akteuren und Initiierung von konkreten Maßnahmen.	Zentraler Akteur auf Quartiersebene, der relevante Akteure im Quartier ansprechen sollte. Abstimmung mit gesamt-kommunalen Strategien. Einzubinden als Querschnitts-Experte für alle Wärmewende-relevanten Planungen.
Klimaschutz- manager	Wärmewende als zentraler Baustein für Klimaschutzstrategien der Kommune.	Klimaschutzkonzepte und Manager (inkl. Förderung vgl. Kapitel 3.2.1) mit der Initiierung von Maßnahmen in der Kommune, Weiterentwicklung und Vertiefung der Strategie über Teilkonzepte, Vernetzung, Information und Initiierung von konkreten Maßnahmen.	Zentraler Akteur auf kommunaler Ebene. Muss als Querschnittsstelle sich mit allen Ämtern, Quartiersebenen und kommunalen Akteuren abstimmen.

Die genannten Aufgaben und Möglichkeiten weisen bereits darauf hin, welche verschiedenen Rollen die Kommune im Rahmen der kommunalen Wärmewende einnehmen muss:

- **Die Kommune als Verbraucherin und Vorbild.** Vorzeigeobjekte bei Versorgungsoptionen, gepaart mit hocheffizienten Sanierungen bei den eigenen Liegenschaften, zeigen den übrigen Akteur/innen auf, dass anspruchsvolle Optionen möglich und wirtschaftlich sein können. Darüber hinaus ergibt sich die Möglichkeit, dass die Kommune aus einem Nahwärmenetz mit kommunalen Liegenschaften auch weitere Einrichtungen und Wohngebäude versorgt, so dass ein Initial für eine hocheffizienten, Wärmeversorgung in diesem Quartier entstehen kann.
- **Die Kommune als Planerin und Reguliererin.** Die oben dargestellten Möglichkeiten der Fachämter bieten eine Vielzahl an Optionen, die Wärmewende voranzubringen. Neben administrativen Möglichkeiten kann die Kommune auch über privatwirtschaftliche Verträge Sanierungs- und Versorgungsstandards festlegen. Die Ausweisung von Vorranggebieten für erneuerbare Energien wird in den Ländern unterschiedlich geregelt, aber die Kommune hat in der Regionalplanung immer verschiedene Möglichkeiten, das Thema Effizienz und Energieversorgung zu etablieren.
- **Die Kommune als Versorgerin und Anbieterin.** Besitzt die Kommune Anteile an Wohnungsbaugesellschaften oder Energieversorgern, kann sie über ihr Stimmrecht Wärmewende fördernde Aktivitäten strategisch festlegen. Sie profitiert dann direkt von den unten beschriebenen Vorteilen der weiteren Akteur/innen.
- **Die Kommune als Berater und Promoter.** Eine wichtige Aufgabe der Kommune ist es, lokale Stakeholder zu vernetzen und gemeinsam mit ihnen Lösungen zur Versorgung und generieren. Die weichen Maßnahmen besitzen die größte Wirkungsbreite, da bei einer erfolgreichen Moderation der Kommune auch die größten Effekte erzielt werden können. Die Kommune kann dabei als Vermittlerin auftreten und gemeinsam mit Energiebereitstellern und Energienutzern die bestmögliche Lösung diskutieren. Auch über Querschnittstellen wie Quartiers- oder Klimaschutzmanager kann die Kommune eine moderierende Rolle bei der Umsetzung einnehmen.

Steigerung der regionalen Wertschöpfung durch die Wärmewende

Aktivitäten der Protagonist/innen für eine kommunale Wärmewende und Aktivitäten der Kommune sind bereits heute auf vielfältige Weise eng miteinander verknüpft. Diese Aktivitäten sind, auch in Hinblick auf die steigenden Energiepreise, in nahezu allen Fällen wirtschaftlich sinnvoll. Gleichzeitig können dadurch die Akteure entlang der Wertschöpfungskette direkt und indirekt profitieren (Kommune, Investoren, Handwerk, Hersteller). Energieeffizienz und klimafreundliche Energieversorgung kurbeln bereits heute die Wirtschaft an. Gleichzeitig können sich Unternehmen und Handwerk dadurch optimal für die Zukunft aufstellen.

Eine aktive Gestaltung der Wärmewende kann auf unterschiedliche Weise die Akteure wirtschaftlich positiv beeinflussen:

- **Steuern für die Kommune:** Eine IÖW-Studie (IÖW 2010) zeigte, dass beispielsweise im Jahr 2009 in den deutschen Kommunen 1,7 Mrd. Euro an Wertschöpfung durch erneuerbare Energien im Wärmebereich generiert wurden. Knapp 8 Prozent dieser Wertschöpfung sind direkt den Kommunen in Form von Abgaben zu Gute gekommen. Ähnliche Effekte zeigt eine Folgestudie zu Energieeffizienz bei Wohn- und Nichtwohngebäuden aus dem Jahr 2011. Die regionale Wertschöpfung in Deutschland beträgt aufgrund von Ausführung und Planung 9,1 Mrd. Euro, wovon knapp 500 Mio. Euro durch Steuern direkt in den Kommunen verbleiben.
- **Steigerung des Umsatzes und neue Arbeitsplätze für Unternehmen:** Die beschriebenen Wertschöpfungseffekte für erneuerbare Energien und Energieeffizienz hatten bereits in den Jahren 2009 und 2011 positive Effekte auf den Umsatz von Unternehmen und damit auch auf den Arbeitsmarkt. Installation und Wartung von erneuerbaren Wärmeenergieträgern bildeten im Jahr knapp 38.000 Vollzeitäquivalente (IÖW 2014), bei der Ausführung und Planung von Energieeffizienzmaßnahmen im Wohn- und Nichtwohngebäudebereich steigt die Anzahl der Beschäftigten sogar auf 278.000 Vollzeitäquivalente. Mit steigendem Ausbau erneuerbarer Energien und der Erhöhung der Sanierungsquote werden diese Effekte weiter zunehmen.
- **Kosteneinsparungen bei Endenergieverbrauchern:** Durch Effizienzmaßnahmen können die Endenergieverbraucher nicht nur Energie, sondern auch Gelder einsparen, die sie im Idealfall stattdessen in einen ökologischen und regional basierten Konsum investieren. Abschreckend für die Durchführung von Maßnahmen wirken derzeit vor allem die Investitionskosten und die Amortisationszeit von bis zu 25 Jahren (bei einzelnen Gebäudeteilen). Bisher kaum berücksichtigt werden bei anstehenden Investitionsentscheidungen aber die Gesamtkosten über den gesamten Lebenszyklus eines Bauteils. Zudem stehen zukünftige Energiekosten nicht im Fokus.

Aktuell werden laut Bundeswirtschaftsministerium seitens der privaten Haushalte knapp 60 Mrd. Euro für Wärmeenergieträger jährlich ausgegeben.¹⁴ Bei dauerhaft absehbaren Energiepreissteigerungen wurde für einzelne Kommunen berechnet, dass sich die Energiekosten bis zum Jahr 2025 um bis zu 45 Prozent erhöhen können. Werden dagegen Sanierungen durchgeführt, können die Kosten sogar um bis zu 10 Prozent reduziert werden.

Kommunen haben dabei zwei grundsätzliche Möglichkeiten, mit ihren Aktivitäten auch positive wirtschaftliche Effekte bei den Akteuren zu generieren:

Tabelle 4: Förderung der regionalen Wirtschaft bei Umsetzung der lokalen Wärmewende

Stärkung der Nachfrageseite	Stärkung der Angebotsseite
■ Investitionen in eigene Liegenschaften ■ Förderung von Investitionen Dritter ■ Städteplanerische Aktivitäten	■ Förderung von Handwerk und lokalen Betrieben ■ Vernetzung von lokalen Akteuren für die Entwicklung von Synergieeffekten ■ Förderung ökologischer Investments (Kommune, Bürger/innen)

Möglichkeiten der lokalen Wirtschaftsförderung in der Wärmewende

Stärkung der Nachfrageseite

Direkte Investitionen in die eigenen Liegenschaften garantieren den direkten Mittelzufluss an lokale Akteur/innen.

Durch Informations- und Beratungsangebote wird die Nachfrage nach Klimaschutzdienstleistungen innerhalb der Region verstärkt. Ein Großteil der Maßnahmen des vorliegenden Klimaschutzkonzepts zielt auf diesen Bereich ab.

Durch Förderung der Wärmewende können gezielt ökologisch ausgerichtete Investor/innen und regional agierendes Handwerk integriert werden. Neben den positiven Effekten für die Wärmewende wird auch so ein zukunftsorientiertes Handwerk gefördert.

Stärkung der Angebotsseite

Unterstützung lokaler Betriebe bei der Auftragsbeschaffung, Fortbildung, Verbesserung der Rahmenbedingungen (z.B. Einführung eines regionalen Sanierungsstandards)

14 Vgl. www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/Energiedaten/energiepreise-energiekosten.html

Übernimmt die Kommune Vernetzungsaufgaben für lokale Akteure (z.B. zwischen Stadtwerken und Wohnungsbaugesellschaften), werden die Transaktionskosten der Beteiligten gesenkt. Außerdem können positive Synergieeffekte genutzt werden (z.B. Einbettung in das kommunale Gesamtkonzept).

Beim Ausbau erneuerbarer Energien und der Wärmeinfrastruktur kann die Kommune und jede/r Bürger/in sein/ihr Geld in Beteiligungen an erneuerbaren Energien anlegen und somit direkt deren Ausbau fördern.

Akteur/innen mit wirtschaftlichen Interessen

Der Exkurs zur regionalen Wertschöpfung zeigt: Die lokale Wärmewende kann zu einem Gewinn für die Kommune werden. Neben der Machbarkeit sollte deswegen die langfristige wirtschaftliche Perspektive bei Verhandlungen der Kommune mit Wirtschaftsvertreter/innen in den Vordergrund treten. Folgende Akteure sollten, sofern sie in einer Kommune eine Rolle spielen, bei der Wärmewende angesprochen werden:

- **Energieversorger.** Ohne die Einbeziehung des lokalen oder regionalen Energieversorgers sind im Grunde nur dezentrale Wärmeversorgungslösungen möglich. Zielt man jedoch auf eine netzgebundene Wärmeversorgung ab, müssen wirtschaftliche Ausbauoptionen mit dem Energieversorger diskutiert werden. Günstig stellt sich die Situation für Gemeinden dar, die z.B. über gemeindeeigene Stadtwerke oder solche mit einer kommunalen Mehrheitsbeteiligung verfügen, die ein eigenes Strom, Gas- oder Fernwärmenetz betreiben. Welche Motivation, Gestaltungsmöglichkeiten und konkrete Einbindungsmöglichkeiten bei Energieversorgern bestehen, wird in Kapitel 4.1.2 dargestellt.
- **Wohnungsbaugesellschaften.** Was die Energieversorger für die Energiebereitstellung sind, sind für den Energieverbrauch vor Ort agierende Wohnungsbaugesellschaften. Können Lösungen für Sanierungen und Energieversorgung für Teile oder sogar den gesamten Wohnungsbestand der Gesellschaften gefunden werden, werden durch wenige Unternehmen große Flächen klimafreundlich versorgt. Günstig stellt sich die Situation für kommunale Wohnungsbaugesellschaften dar, deren Unternehmensziele von den Kommunen beeinflusst werden können und die daher Vorreiter sein sollten.
- **Industrieunternehmen.** Lokale Industrieunternehmen sind zunächst einmal Energieverbraucher, können aber auch Energiebereitsteller werden. Letzteres ermöglicht es einerseits dem Unternehmen, z.B. Abwärme gewinnbringend zu vermarkten, andererseits steht dem Energieversorger eine relativ kostengünstige neue Wärmequelle bereit.
- **Gebäudeeigentümer.** Energieverbrauch und Energieversorgung von Gebäuden, die aus Eigentümergemeinschaften bestehen, oder Gebiete mit heterogenen Eigentumsverhältnissen müssen im Wärmewende-Prozess berücksichtigt werden. Beispielsweise können Pilotprojekte in der Nachbarschaft Potenziale

aufzeigen und Anreize für andere Eigentümer/innen geben. Eine gezielte Ansprache durch Informationsangebote und -veranstaltungen durch die Kommune oder beauftragte Energieberater/innen sowie ergänzende Fördermaßnahmen unterstützen die breite Umsetzung von Effizienz- und Versorgungslösungen.

■ **Energieberater/innen, Handwerk und/oder Energieagenturen.** Energieberatung durch Energieberater/innen, das lokale Handwerk sowie lokale oder regionale Energieagenturen spielt vor allem bei der Ansprache in der Breite eine wichtige Rolle. Neben kleinen und mittleren Betrieben sind vor allem private Eigenheimbesitzer Zielgruppe dieser Akteure. Um ein für die Wärmewende optimiertes Vorgehen zu garantieren, sollten deswegen die Berater/innen bereits in die Planung von die ganze Kommune betreffenden Lösungen integriert werden. Je nachdem, ob eine zentrale oder dezentrale Lösung empfohlen wird, können diese Akteure an die Endnutzer/innen mit den entsprechenden Angeboten herantreten und möglichst anbieterneutral Angebot und Nachfrage synchronisieren. Die Kommune bzw. Region entwickelt dafür gemeinsam mit den Berater/innen einen Qualitätsstandard.

Tabelle 5: Externe Akteure der Wärmewende (Auszug)

	Motivation	Gestaltungsmöglichkeiten für die Wärmewende	Einbindungsmöglichkeiten bei Konzeption/Umsetzung
Energieversorger	Langfristige Kundenbindung durch erweiterte Absatz- und Erzeugungsstrategien sowie Erschließung neuer und nachhaltiger Geschäftsfelder.	Anbieten von Energiedienstleistungen, Wärmeliefercontracting, Neuerrichtung und -erschließung von Wärmequellen, Kooperationen mit Akteuren (Wohnungsbaugesellschaften Energieversorgung, Ausbau der leitungsgebundenen Energieversorgung, Neugestaltung von Energielieferverträgen, Bezug und Verkauf von Bioerdgas, Strategien für die Strom- und Wärmeseite).	Die Energieversorger sind zentrale Partner für Wärmeversorgungslösungen und sollten seitens der Kommune von Beginn an in die Gespräche und Planungen eingebunden werden. Gemeinsam mit ihnen soll überlegt werden, wie die lokale Wärmewende nachhaltig erreicht werden kann und wie bestehende Investitionspläne für die Wärmeversorgung genutzt werden können.
Wohnungsbaugesellschaften	Förderung von attraktivem und bezahlbarem Wohnen, Erhalt bzw. Wertsteigerung der Immobilien.	Häufig homogener Gebäudebestand und damit schnelle Umsetzungserfolge. Festlegung von Sanierungsstandards und Versorgungsoptionen, Energieliefervereinbarungen, Vernetzung des Gebäudebestandes (meist mit hohen Wärmedichten) über zentrale Versorgungsoptionen.	Für schnelle und sichtbare Erfolge sind Wohnungsbaugesellschaften relativ früh einzubinden und insbesondere mit den Energieversorgern zu vernetzen.

Industrie- unternehmen	Kosten- reduktion bei Energiever- brauch und gegebenen- falls sogar neue Ein- nahmequel- len durch Abwärme- bereitstellung.	Nutzung effizienter Prozess- wärmetechnologien, Kas- kadennutzung der Wärme, Auskopplung von Abwärme in das lokale Wärmenetz.	Ansprache sollte relativ früh erfolgen, um gegebenenfalls Fragen der Abwärmenutzung (Wirtschaftlichkeit, Versor- gungssicherheit und -zeiten etc.) in die Konzeption ein- zubinden, und Unterstützung bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit angeboten werden.
Gebäude- eigentümer	Wertsteige- rung und Kosten- einsparung durch Sanie- rung und zukunfts- fähige Energie- versorgung.	Sanierung der eigenen Gebäude, gegebenenfalls Vernetzung zu Interessens- gemeinschaften (siehe Energiegenossenschaften), Vorbild für Nachbarn im Quartier.	Die konkrete Ansprache und Vernetzung mit ande- ren Akteuren sollte im Rahmen der Erstellung von Quartierskonzepten erfolgen. Die Einbindung in die gesamt-kommunale Strategieentwicklung kann im Rahmen einer Bürger- beteiligung stattfinden.
Energieberater, Handwerk und Energieagenturen	Erschließung von neuen Geschäfts- feldern und Kunden, Folgeauf- träge durch vertiefte Beratung und Umsetzungs- begleitung	Initialberatung bis hin zur Detailberatung inkl. Berechnung verschiedener Sanierungsoptionen. Umsetzung von gemeinsam entwickelten Qualitäts- standards.	Berater sind relativ früh einzubinden, um Strategien gemeinsam festzulegen und Qualitätsstandards auszu- arbeiten.

Bürger/innen als Expert/innen der Wärmewende

Auch die Bürger/innen vor Ort haben wirtschaftliche Interessen. Darüber hinaus finden sich in dieser Akteursgruppe Personen mit ideellen Zielen und Fachkompetenz, die bereit sind, sich ehrenamtlich zu engagieren. Diese sollten seitens der Kommune gefördert und unterstützt werden. Nicht zuletzt sind Bürger/innen häufig bereit, für regionale erneuerbare Energien auch eigenes Geld anzulegen und damit die Finanzierung zu sichern. Zwei verschiedene Ebenen können dabei unterschieden werden:

- **Bürgerbeteiligung.** Bürger/innen sind nicht nur Energienutzer/innen, sondern immer öfter auch Energiebereitsteller/innen. Sie besitzen berufsbedingtes und privat erworbenes Know-how und kennen die Möglichkeiten in ihrer eigenen Kommune besser als Externe. Deswegen sollte dieses Wissen frühzeitig in die Konzeptionen mit einfließen. Neben diesen Vorteilen sorgt eine Beteiligung auch für eine erhöhte Akzeptanz der Ziele und beschlossenen Maßnahmen.

■ **Bürgerenergiegenossenschaften.** Bürgerenergiegenossenschaften bieten die Möglichkeit, Energieversorgung zu dezentralisieren und in die Hand der Akteur/innen zu geben, die die Energie nutzen und davon profitieren könnten: den Bürger/innen selbst. Die Akzeptanz von Maßnahmen steigt sich, wenn Bürger von diesen Maßnahmen direkt profitieren und daran Anteil nehmen. Bürgerbeteiligungsmodelle lassen sich auf verschiedene Weise ordnen und gliedern. Beispielsweise können sie nach Art ihrer

- Handlungsfelder (z.B. Nahwärmenetze, Energieeinsparung),
- Rechtsform (Verein, GmbH, Genossenschaften),
- Finanzierungsform (Energieeinspar-Contracting, Mietmodelle und Mietkauf-Modelle, Crowdfunding)
- oder ihrer Aktivitäten (Information/Beratung, Finanzierung, Planung, Betrieb) unterschieden werden.

In jedem Fall sollten die Kommune, aber auch Energieversorger, frühzeitig solche Initiativen identifizieren, mit Informationen unterstützen und gegebenenfalls auch bei der Umsetzung begleiten.

Tabelle 6: Lokale Bürgerbeteiligung und Energiegenossenschaften

	Motivation	Gestaltungsmöglichkeiten für die Wärmewende	Einbindungsmöglichkeiten bei Konzeption/Umsetzung
Bürger (-beteiligung)	Ideelle Unterstützung, Wunsch nach Gestaltung, Attraktivitätssteigerung der eigenen Kommune.	Beteiligung bei der Konzeption und Umsetzung, Bürgerbeteiligung, Bürgerexperten, Bürgerfinanzierung.	Vor allem bei der Konzeption für die Gesamtkommunen ist das breite Wissen seitens der Bürger/innen gefragt. Bei Quartierskonzepten sollten die Bürger/innen auch bei der Umsetzung eng eingebunden werden.
Bürgerenergiegenossenschaften	Wunsch nach Selbständigkeit und unabhängiger Energieversorgung, wirtschaftliche Interessen.	Heizungsmodernisierungen, Aufbau und Betrieb von (Biomasse-)BHKWs und Nahwärmenetzen, Gebäudesanierungen, Einsatz von Querschnittstechnologien, Optimierung von Kältebereitstellung, komplette Gebäudeoptimierung.	Einbindung von bestehenden Energiegenossenschaften in die Konzeption sowie Förderung der Bildung von neuen. Die Vernetzung mit anderen lokalen Akteuren wie Energieversorgern kann dabei auch förderlich sein.

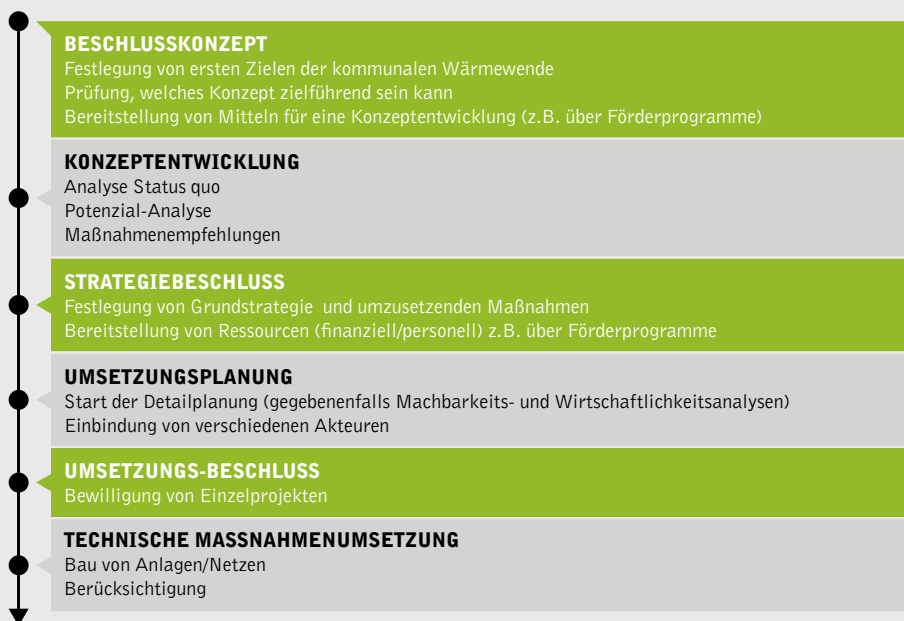
4.2 Konzepte der Wärmeplanung

Die kommunale Wärmewende ist für jede Kommune ein ambitioniertes Ziel. Eine langfristige Perspektive muss ämterübergreifend und unter Einbindung vieler externer Akteur/innen verfolgt und umgesetzt werden. Kommunen haben eine Vielzahl von Konzepten für die kommunale Wärmewende zur Auswahl. Je nach gewünschter Wirkung, Ambitioniertheit und nach dem Stand der politischen Willensbildung können sie wählen zwischen Konzepten, die die ganze Kommune in einem integrierten Gesamtkonzept umfassen (integriertes kommunales Klimaschutzkonzept), Teilkonzepten zur Wärmenutzung und zum Ausbau erneuerbarer Energien sowie Quartierskonzepten. Das Quartierskonzept stellt die konkreteste und umsetzungsorientierteste Variante dar.

Abbildung 25 zeigt, dass es bei jedwedem strategischen Vorgehen im Rahmen der Entwicklung von Zielen und Maßnahmen immer wieder eine Rückkopplung mit dem Kommunalparlament (grün) und der konkreten Umsetzung (grau) geben muss. Auch eine Einbindung der Bürgerschaft (siehe vorheriges Kapitel) ist in diesem Prozess empfohlen.

Zu Beginn des Prozesses steht der politische Beschluss für eine kommunale Wärmewende. Strategisches Vorgehen bedeutet in der Folge, keine Einzelprojekte

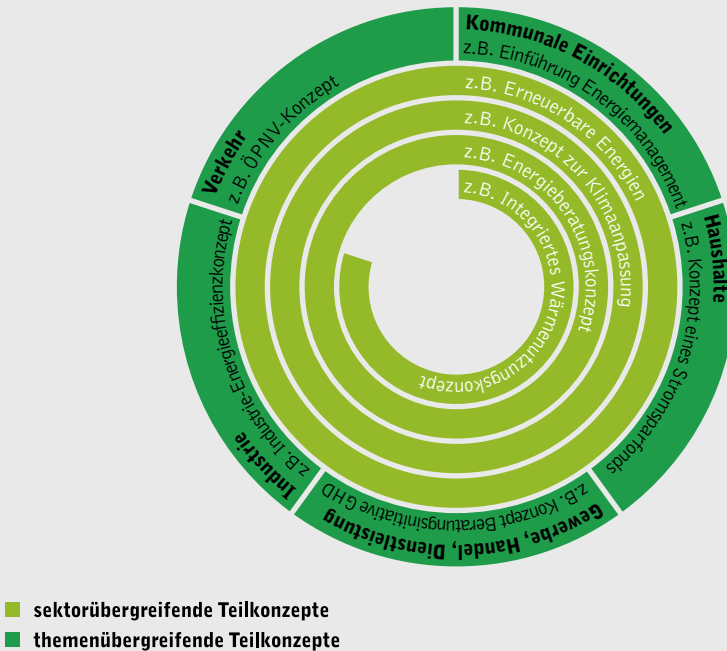
Abb.25: Vom politischen Beschluss der Wärmewende bis zur konkreten technischen Ausführung



Quelle: ifeu

Abb.26: Übersicht über mögliche Konzeptarten

Die dargestellten Teilkonzepte bilden zusammen ein integriertes Gesamtkonzept.



durchzuführen, sondern im Rahmen eines Konzepts zunächst eine Strategie zu entwickeln. Es muss deswegen geklärt werden, welche Art von Konzept geeignet ist, die gegebenenfalls bereits formulierten Ziele zu prüfen und in Umsetzungsstrategien und Maßnahmen zu konkretisieren. Aktuell gibt es eine Vielzahl geförderter Konzeptarten, welche auf die unterschiedlichen Bedürfnisse der Kommunen ausgelegt sind und häufig auch attraktive Folgeförderungen beinhalten. Die Konzepte lassen sich anhand ihrer Charakteristika dabei in folgende Kategorien einteilen:

- Gesamtkommune ↔ Teilbereiche der Kommune (z.B. Quartiere)
- themenübergreifend ↔ themenspezifisch (z.B. Wärmenutzung)
- sektorübergreifend ↔ sektorspezifisch (z.B. Gewerbe)
- technisch ↔ strategisch

Welches Konzept letztlich für eine Kommune geeignet ist, hängt von vorhandenen Vorarbeiten und dem Ziel der Kommune ab. Auch die Kombination oder zeitliche Staffelung von Konzepten ist denkbar. Beispielsweise könnte eine übergreifende Konzeption im ersten Schritt mit einer detaillierten Konzeption im zweiten Schritt kombiniert werden.

Inhalte einer Konzeption

1. **Analyse des Status quo:** Zunächst muss die Kommune wissen, wie sie im jeweiligen Themenfeld aktuell aufgestellt ist. Die erste Analyse des Verbrauchs und der Erzeugung in der Kommune ist besonders wichtig, da die folgende Berechnungen und Aussagen auf dieser basieren. Wird die Analyse fortgeführt (z.B. in einer Energie- und CO₂-Bilanz) kann die Erhebung als Basis für das Monitoring des Erfolgs der gewählten Strategie dienen.

Die Erhebung ist mit verschiedenen Herausforderungen verbunden. Oftmals liegen keine detaillierten Daten zu Wärmeabnehmern oder Wärmeerzeugern in der benötigten Aggregation vor, oder es müssen Abschätzungen (z.B. beim Verbrauch von nicht-leitungsgebundenen Energieträgern) getroffen werden.

2. **Potenzialanalyse:** Auf der IST-Analyse aufbauend wird eine Potenzialanalyse sowohl für das Angebot als auch die Nachfrage von Energie für die Zukunft erstellt. In der Potenzialanalyse werden die Ziele des politischen Leitbilds konkretisiert und verschiedene im Idealfall sowohl technisch als auch wirtschaftlich sinnvolle Varianten gerechnet und gegenübergestellt.
3. **Strategie und Maßnahmen:** Auf Basis der Potenzialanalyse werden wiederum Strategien verfasst und gemeinsam mit lokalen Akteuren in einem Maßnahmenkatalog konkretisiert und zusammengefasst.

Mit der Erstellung eines Konzepts ist noch kein Gramm CO₂ eingespart worden. Das Konzept bildet aber die Blaupause für das weitere strukturierte Vorgehen und sollte deswegen nicht unterschätzt werden.

In den folgenden drei Unterkapiteln werden verschiedene Konzeptarten kurz vor- und deren Bedeutung für die kommunale Wärmewende dargestellt. Dabei werden zunächst Konzepte für die Gesamtkommune präsentiert, bei denen Aspekte der Wärmewende bereits enthalten sind, aber auch weitere Aspekte wie Institutionalisierung und weitere Aspekte des Klimaschutzes. Im zweiten Teil folgen dann Spezialkonzepte, welche die lokale Wärmewende konkretisieren können. Zuletzt werden Quartierskonzepte vorgestellt, in denen technische Aspekte der Wärmewende am konkretesten angegangen werden können.

4.2.1 Integriertes Vorgehen für die gesamte Kommune

Eine Kommune, die sich mit dem Thema Klimaschutz und Wärmewende beschäftigen möchte, kann dies mit unterschiedlicher Tiefe vornehmen. Dabei kann zwischen drei verschiedenen Konzepttypen unterschieden werden, die unterschiedliche Ziele und Zielgruppen haben:

- Einstiegsberatung zum kommunalen Klimaschutz¹⁵: einführende Begleitung für Kommunen mit wenig Erfahrung in der konzeptionellen Herangehensweise bei energierelevanten Themen.
- Integrierte kommunale Klimaschutzkonzepte: ein umfassender integrativer Ansatz für Kommunen, die sich mit dem Thema umfassend beschäftigen möchten.
- Kommunale Energiekonzepte: ein technisch orientierter Ansatz zur Verbesserung der energierelevanten Planungsgrundlagen für Kommunen, welche schon relevante und effektive interne Strukturen geschaffen haben.

Die wichtigsten zusammengefassten Charakteristika dieser verschiedenen Konzepttypen finden sich in Tabelle 7 auf der folgenden Doppelseite.

15 Auch zu finden unter «Coaching kommunaler Klimaschutz».

Tabelle 7: Übersicht zum konzeptionellen Vorgehen einer Gesamtkommune

	Einstiegsberatung (Coaching)	Integriertes kommunales Klimaschutzkonzept	Energie- nutzungsplan
Ziele	Erste Analyse von Möglichkeiten der Kommune im Klimaschutz.	Analysen und integrierte Maßnahmenentwicklung für alle Sektoren für die nächsten 10 Jahre.	Technische Analyse und Konzeptentwicklung für die Reduzierung von lokalem Energieverbrauch und Einsatz erneuerbarer Energien.
Zielgruppe	Kleine und mittlere Kommunen und Landkreise zu Beginn ihrer Klimaschutzaktivitäten.	Ambitionierte Kommunen mit integrierten Klimaschutzzielen.	Kommunen, in deren Verwaltung das Querschnittsthema Energie bereits integriert bearbeitet wird und nun lokale Potenziale strukturiert ausgeschöpft werden sollen.
Vorgehen	Gemeinsam mit einem Coach/Berater erarbeiten kommunale Vertreter die Ist-Situation und prüfen, in welchen Bereichen des Klimaschutzes zunächst vorgegangen wird.	Erstellung einer IST-Analyse, verschiedener Potenzialanalysen, Szenarienentwicklung sowie partizipative Strategie- und Maßnahmenentwicklung.	Bestands- und Potenzialanalyse des Energiebedarfs (inkl. gebäudebezogener Wärmebedarfsermittlung) und Energieinfrastruktur sowie partizipative Maßnahmenentwicklung.
Integration von anderen Konzepten	Das Coaching dient als Einstieg in den allgemeinen Klimaschutz mit ersten Maßnahmen. Ein Ergebnis kann sein, dass die Kommune sich in einem Bereich vertieft beschäftigen möchte.	Das kommunale Klimaschutzkonzept dient als Grundlage für alle weiteren Analysen und Konzepte im Bereich Energie und Klimaschutz.	Der Energienutzungsplan dient als technische Grundlage für alle weiteren Analysen und Konzepte zu Energieverbrauch und Energieversorgung.
Aufwand (für Kommunen)	Mittel: Fünf Treffen mit Coach, in denen idealerweise Verwaltung und Politik integriert sind.	Gering: Begleitung der Konzepterstellung (durch externen Dienstleister).	Gering: Begleitung der Konzepterstellung (durch externen Dienstleister).
Kosten (ohne Förderung)	Maximal 1–3 Euro pro Einwohner.	Kommunen über 100.000 Einwohner: 1–1½ Euro pro Einwohner. Kommunen unter 100.000 Einwohner: 1½–3 Euro pro Einwohner.	In etwa analog zu Klimaschutzkonzepten. Keine bundesweite Förderung.

		Kleine Kommunen (<20.000 Einwohner): >3 Euro je Einwohner.	
Relevanz für die Wärmewende	Mittel: Viele grundlegende Ideen und Entscheidungen (z.B. zu Wärmenetzen) können aus dem Coaching heraus entstehen.	Hoch: Erste Konzeptideen für die Wärmewende werden in den Potenzial- und Szenarienberechnungen und entsprechenden Maßnahmenkatalogen dargestellt. Grundsätzliche Strategien für die Wärmewende (zentrale oder dezentrale Lösungen) können bereits abgeleitet werden.	Hoch: Erste Blaupausen für die Wärmewende werden in den Potenzial- und Szenarienberechnungen und entsprechenden Maßnahmenkatalogen festgelegt und technisch im Rahmen der Potenziale und Maßnahmen konkretisiert.
Eingebundene Akteur/innen	Schwerpunkt lokale Politik und Verwaltung (wichtigste Ämter, u.a. Umweltamt, Hauptamt, Stadtplanungsamt, Bauamt). Gegebenenfalls lokale und regionale Schlüsselakteure (v.a. für Vernetzung). Eine Bürgerbeteiligung kann, muss aber nicht erfolgen.	Schwerpunkt Verwaltung (ämterübergreifend) und lokale Schlüsselakteure (u.a. Stadtwerke, Handwerksgenossenschaften). Eine Bürgerbeteiligung kann, muss aber nicht erfolgen.	Schwerpunkt Verwaltung (ämterübergreifend), Bürger, Energieversorger, Groß- und Sonderverbraucher. Eine Bürgerbeteiligung sollte über verschiedene Beteiligungsformate und -konzepte erfolgen.
Weiteres Vorgehen	Nach dem Coaching setzt die Kommune die ersten identifizierten Maßnahmen um und prüft, in welchem Feld sich die Kommune verstärkt betätigen möchte.	Eine geförderte Klimaschutzmanagement-Stelle setzt die Maßnahmen des Konzepts um und führt ein Controlling durch. Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Information von Akteuren sowie der Vernetzung und Koordination der lokalen Akteure und Initiierung von Maßnahmen. Einzelne Bereiche können im Rahmen von Teilkonzepten vertieft betrachtet werden.	Die Verwaltung lässt die Ergebnisse des Energienutzungsplans in die Flächennutzungsplanung, Bebauungsplanung, Städtebauliche/privatrechtliche Verträge, Objektplanung sowie in Maßnahmen zur Veränderung des Nutzerverhaltens einfließen.

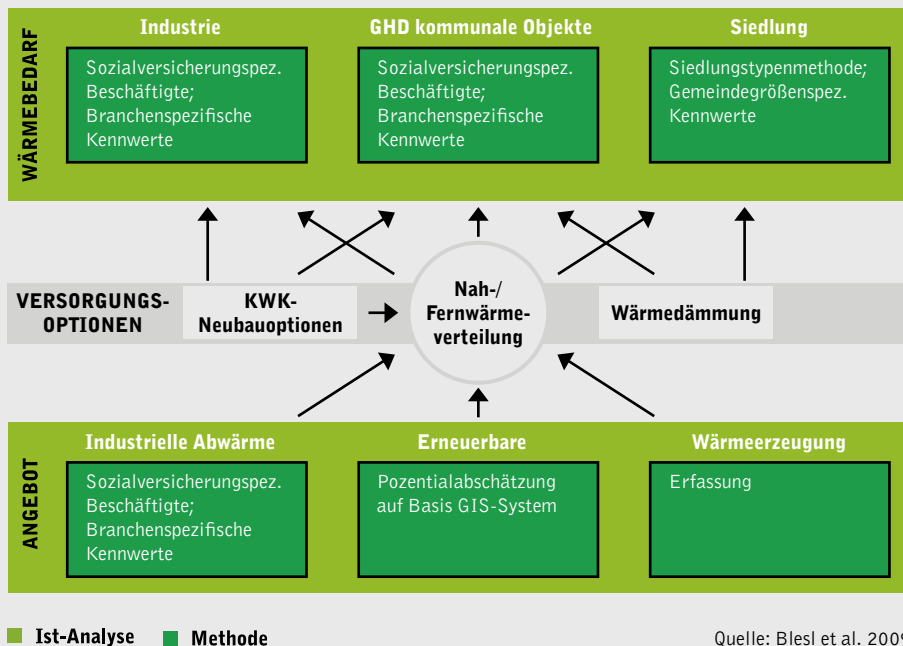
(*) Mehr Informationen im Internet unter: www.coaching-kommunaler-klimaschutz.de, www.leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de und www.energieatlas.bayern.de/kommunen/energienutzungsplan.html

4.2.2 Schwerpunkt lokale Wärmewende: Konzepte zur Wärmenutzung und zum Ausbau erneuerbarer Energien

Im Gegensatz zu einem Energienutzungsplan betrachten Konzepte zur integrierter Wärmenutzung in Kommunen und zum Ausbau erneuerbarer Energien einen bestimmten technischen Teilaspekt der lokalen Energiewende. Beide Konzepte haben das Ziel, eine spezifische (Umsetzungs-)Strategie in einem partizipativen Prozess zu entwickeln, öffentlichkeitswirksam zu präsentieren, umzusetzen und regelmäßig zu überprüfen.

In *Wärmenutzungskonzepten* werden Wärmequellen mit den verschiedenen Wärme und Kältebedarfen in einer Kommune in klimaschützender Weise aufeinander abgestimmt und optimiert (vgl. Abbildung 27).

Abb.27: Vorgehensweise und zentrale Themengebiete bei einem Wärmenutzungskonzept



Zu Beginn eines Wärmenutzungskonzepts steht nach Blesl et al. (2009) eine Analyse des aktuellen Wärmebedarfs für verschiedene Verbrauchssektoren. Dies kann relativ schnell über lokale Kennzahlen oder detaillierter über Analysen und Abfragen von Energieverbrauchswerten erfolgen. Parallel werden die Potenziale des lokalen Energiebereitstellungsangebots anhand vorliegender Studien, Kennwerten oder GIS-Analysen analysiert. Dabei werden die Nutzungsmöglichkeiten der Kraft-Wärme-

Kopplung, erneuerbarer Energien, industrieller sowie sonstiger Abwärme erhoben und dienen als Basis für eine strategische Wärme- und Kälteversorgungsplanung der Kommune unter ökologischen Gesichtspunkten. Die Analyse des Wärmebedarfs und dessen zukünftige Entwicklung werden so in einem langfristig ausgerichteten Konzept mit einer Versorgungs- und Speicherstrategie kombiniert.

Neben technischen IST-Analysen über einen Wärmeatlas und Potenzialberechnungen für Einsparungen sowie technischen und wirtschaftlichen Versorgungsoptionen bietet das Konzept die Möglichkeit, über einen Beteiligungsprozess relevante Protagonist/innen wie Industrieunternehmen, verschiedene Ämter (u.a. Stadtplanung, Hochbauamt), Energieversorger oder Wohnungsbaugesellschaften zu integrieren. Im Rahmen der Konzepterstellung können sowohl technische Aspekte wie Wärmebedarf, mögliche Wärmebereitstellung und Speicheroptionen als auch administrative oder finanzielle Hürden diskutiert werden.

Das Wärmenutzungskonzept mündet in konkrete Empfehlungen an die Kommune bzw. an die kommunalen Akteure. Beispielhaft seien genannt:

- Technisch-organisatorische Maßnahmen (z.B. Vorrangstellung von Fernwärmeausbaubieten)
- Weitere Maßnahmen, die klimaschützende Wärmenutzungen (z.B. über Bebauungspläne) anreizen können, u.a.
 - Festlegung eines Anschluss- und Benutzungszwangs für Fernwärme;
 - Entwicklung einer Strategie zur Solarsatzung (z.B. Marburg);
 - Vorgaben zu höheren energetischen Baustandards in Neubaugebieten (z.B. über städtebauliche Verträge);
 - Unterstützung von Energieversorgungskonzepten aus Abwärmequellen, da höherer Organisationsaufwand in der Projektentwicklung (Förderung);
 - Festlegung von Fokusgebieten für Energieberatung aufgrund hoher bestehender Wärmedichten.

Somit bieten Wärmekonzepte ein adäquates Mittel, um das Thema Wärmewende mit Leitplanken zu versehen, Strategien für die gesamte Kommune festzulegen (dezentrale oder zentrale Lösungen), Akteur/innen zu koordinieren und konkrete Maßnahmenideen gemeinsam zu entwickeln.

Abgrenzung zu Machbarkeitsstudien

Machbarkeitsstudien haben gegenüber Wärmenutzungskonzepten einen höheren Detailgrad. Das bezieht sich sowohl auf die Bestandsaufnahme (i.d.R. wird für das betrachtete Gebiet eine Energiebedarfsberechnung pro Gebäude durchgeführt), auf Potenzialanalysen (i.d.R. werden konkrete bauliche Maßnahmen vorgeschlagen) wie auch auf Maßnahmenanalysen und -bewertungen

(i.d.R. werden hier verschiedene Versorgungsvarianten ökologisch und ökonomisch miteinander verglichen). Es werden relativ genaue Daten für die Vergleichsberechnungen angesetzt, allerdings sind diese Daten hinsichtlich des Detailgrades noch nicht vergleichbar mit Daten aus der konkreten Planungsleistung.

Ziel einer Machbarkeitsstudie ist es, konkrete Hinweise zu erhalten, welche Versorgungslösung für ein begrenztes Gebiet/für konkrete Gebäude ökologisch und ökonomisch am günstigsten ist (konkrete Standortanalyse).

Erneuerbare Energien-Konzepte untersuchen, welche Möglichkeiten der Nutzung von erneuerbaren Energien in einer Kommune unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit vorhanden sind. Dazu zählt neben stromerzeugenden Technologien auch die Nutzung regenerativer Wärmezeugung. Die Effizienz sollte auch in diesem Konzept berücksichtigt werden. Gerade für eine Akzeptanz von erneuerbaren Energien ist hier eine verstärkte Bürgerbeteiligung zu empfehlen. Gemeinsam mit den Akteuren werden eine Umsetzungsstrategie und Maßnahmen entwickelt.

Im Rahmen von Erneuerbare-Energien-Konzepten können auch die Interaktion aus Strom- und Wärmezeugung, insbesondere der regenerativen KWK und das Thema Speicherung verstärkt im Fokus stehen. Dieses Teilkonzept kann wichtige vertiefende Informationen (z.B. lokale Potenziale für erneuerbare Energien zur Wärmenutzung) für ein lokales Wärmekonzept bereitstellen. Eine Kombination von beiden Konzepten ist deswegen mit vielen Vorteilen verbunden.

Beide Teilkonzepte untersuchen relevante Aspekte der lokalen Wärmewende und können einen wichtigen Beitrag zum kommunalen Klimaschutz liefern. Möchte eine Kommune diese Strategien jedoch in eine umfassende integrierte Klimaschutzstrategie einbetten, wird empfohlen zunächst ein Klimaschutzkonzept zu erstellen und dann mit Hilfe der Teilkonzepte konkrete Spezialfragen anzugehen und zu vertiefen.

Für beide Teilkonzepte gibt es aktuell seitens des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau- und Reaktorschutz einen passenden Fördertatbestand im Rahmen der Nationalen Klimaschutz Initiative (NKI, vgl. www.ptj.de/klimaschutz-initiative-kommunen/klimaschutzkonzepte).

Tabelle 8: Übersicht Teilkonzepte «Integrierte Wärmenutzung» und «Erneuerbare Energien»

	Teilkonzepte «Integrierte Wärmenutzung» und «Erneuerbare Energien»
Ziele	Konkrete und abgestimmte Strategieentwicklung der Wärmewende für die Gesamtkommune auf Basis von Angebot, Nachfrage und technischen Lösungen.
Zielgruppe	Kommunen mit konkretem Ziel einer regenerativen Energie-/Wärmeversorgung und Bedarf an einer gesamtkommunalen Strategie.
Vorgehen	IST-Analyse (Wärmeatlas), partizipative Potenzialermittlung und Berechnung, Abstimmung von Angebot und Nachfrage sowie Beteiligungsprozess zur Erhöhung der Akzeptanz und Maßnahmenentwicklung.
Integration von anderen Konzepten	Teilkonzepte können als Spezifizierung von Klimaschutzkonzepten/Coachings genutzt werden. Auch können die Konzepte für die Weiterentwicklung hin zu einem integrierten Konzept als Grundlage dienen. Auch im Rahmen von Quartierskonzepten bieten sie die technischen und strategischen Grundlagen und geben die Möglichkeit, über das Quartier hinaus Lösungen zu suchen.
Aufwand (für Kommunen)	Gering bis mittel: Begleitung der Konzepterstellung (durch externen Dienstleister). Eine enge Einbindung der Kommunen bei der Vorbereitung und Durchführung der partizipativen Veranstaltungen wird empfohlen.
Kosten	■ Kommunen über 30.000 Einwohner: ca. 1–2 Euro/Einwohner* ■ Kommunen unter 30.000 Einwohner: ca. 1–3 Euro/Einwohner*
Relevanz für die Wärmewende	Hoch: Die Ergebnisse bilden die Grundstrategien und Maßnahmen für die lokale Wärmewende, Grundlegende Fragen der Versorgung, des Bedarfs und der Speicherung werden in den Konzepten festgelegt.
Eingebundene Akteure	Integriertes Wärmekonzept: Verwaltung (v.a. Bauamt, Stadtplanungsamt, Hochbauamt, Tiefbauamt), Energieversorger, Wohnungsbaugesellschaften, Industrieunternehmen. Erneuerbare-Energien-Konzept: Verwaltung (u.a. Stadtplanung), Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Handwerk. Eine Bürgerbeteiligung kann bei der Wärmeplanung zur Steigerung der Akzeptanz für bestimmte Fragestellung erfolgen, bei erneuerbaren Energien wird eine Bürgerbeteiligung empfohlen.
Weiteres Vorgehen	Die Kommune implementiert die Ergebnisse in die entsprechenden Fachabteilungen und das kommunale Verwaltungshandeln. Existiert aufgrund eines Klimaschutzkonzepts eine Stelle für das Klimaschutzmanagement, ist zu prüfen, ob der Klimaschutzmanager auch Maßnahmen aus den Teilkonzepten umsetzen darf (so lange diese auch im Klimaschutzkonzept der Kommune) bereits erwähnt werden.
Mehr Informationen	www.ptj.de/lw_resource/datapool/_items/item_4182/merkblatt_klimaschutz-teilkonzepte.pdf

(*) Je Teilkonzept und ohne Förderung

4.2.3 Fokus aufs Detail: Quartierskonzepte

Quartiere als Umsetzungsebene der kommunalen Wärmewende

Die bislang präsentierten Konzepte beziehen sich auf die gesamte Kommune. Um die Wärmewende umsetzen zu können, müssen aber konkrete Lösungen auf Quartiersebene gefunden werden. Auf dieser Ebene können (gruppen- und/oder anlassbezogene) individuelle Einzelinteressen sinnvoll gebündelt dargestellt werden.¹⁶

Das Quartier hat sowohl gegenüber der gesamtkommunalen Ebene als auch gegenüber der Einzelbetrachtung von Gebäuden zahlreiche Vorteile: Auf der Ebene der gesamten Kommune ist es oft schwierig, unterschiedliche Interessen in Übereinstimmung zu bringen. Die Gebäudestruktur und die technische Infrastruktur weichen zu stark voneinander ab. Wenn man hingegen nur einzelne Gebäude energetisch modernisiert, kann man in diesem Gebäude teilweise große Einspareffekte erzielen. In Quartieren lassen sich die Energiesparpotenziale aber mit weniger Aufwand heben.

Darüber hinaus besteht auf Ebene von Quartieren die Möglichkeit, energetische Sanierungsmaßnahmen mit sozialen und wirtschaftsfördernden Projekten zu verknüpfen. In der energetischen Sanierung von Quartieren liegen für den Klimaschutz vor allem zwei besondere Chancen. Zum einen ermöglicht eine quartiersübergreifende Zusammenarbeit zwischen allen Akteuren zusätzliche Effizienzsteigerungen bei der energetischen Sanierung. Diese sind allerdings schwer zu quantifizieren, da das absolute Einsparpotenzial sowohl von Maßnahmen auf Einzelgebäudeebene, von Synergieeffekten (z.B. besserer Standard durch Einkaufsgemeinschaften), aber auch von den Entscheidungen hinsichtlich der Versorgungsstruktur abhängen. Zum anderen ergibt sich für Kommunen ein neues zentrales Steuerungsinstrument in der Stadtsanierung. Beides kann letztlich zu einem höheren Sanierungsstandard führen und vor allem auch zu einer höheren Sanierungsquote, so dass hierin ein beachtliches Potenzial für eine CO₂-Reduktion liegt.

Quartierskonzepte als Nukleus der lokalen Wärmewende

Quartierskonzepte sind demnach die Planungsebene, auf der sich Siedlungstypen differenzieren und konkrete Umsetzungsstrategien mit den Akteuren der Wärmewende planen lassen. Auf Basis der Analysen und Zieldefinitionen der übergeordneten Konzepte können nun konkrete Strategien für Einzelquartiere erarbeitet werden. Teilweise steht am Anfang aber auch das Quartierskonzept, möglicherweise als Einstieg in die Wärmeplanung.

Zu Beginn der Analyse steht die Auswahl der Quartiere. Hier gilt: Kein Quartier gleicht dem anderen, und es gilt eine Vielzahl von Faktoren zu berücksichtigen um eine erfolgreiche Konzepterstellung und Umsetzung zu gewährleisten (siehe auch Kasten: «Was ist ein Quartier» in Kapitel 3.7). Folgende Punkte sollten bei der Auswahl von Quartieren für eine energetische Sanierung enthalten sein (in Klammern

¹⁶ Siehe auch: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2010): Impulse aus 26 Pilotprojekten der Nationalen Stadtentwicklungspolitik, 13.

immer positive Faktoren für eine Auswahl, d.h. hohe Chance für eine klimaverträgliche Sanierung):

- Alter des Gebäudebestands (vor 1980)
- Falls bereits vorhanden: spezifischer Endenergieverbrauch ($>180 \text{ kWh/m}^2$) oder Energieverbrauch des gesamten Quartiers ($>10.000 \text{ MWh/a}$)
- Anteil an nicht leitungsgelassenen Energieträgern ($>75 \text{ Prozent}$)
- Abgeschätzte Anschlussleistung ($>100 \text{ MW/km}^2$)
- Sanierungsstandard ($<25 \text{ Prozent}$ Anteil von bereits sanierten Gebäuden)
- Struktur (Siedlungstypen, z.B. hoher Anteil an großen Mehrfamilienhäusern)
- Besitzverhältnisse ($>75 \text{ Prozent}$ Anteil von Wohnungsbaugesellschaften)

Für diese Kriterien und die darin genannten Faktoren wirkt eine zentrale Wärmeversorgungslösung zunächst durchaus attraktiv und müsste im Verlauf des Konzepts auf ihr Umsetzungspotenzial hin geprüft werden. Prinzipiell sind alle erwähnten Aspekte aber auch keine Ausschlusskriterien. Bei der Auswahl der Quartiere sollten neben den genannten harten Faktoren auch «weiche» Kriterien, wie z.B. die Bereitschaft der Akteure bei der Mitwirkung, einen hohen Stellenwert besitzen. Nur durch die Kombination beider Kriterientypen wird die Umsetzung eines Quartierkonzepts erfolgreich sein.

Nach der Auswahl des Quartiers und ersten Berechnungen beginnt der wesentliche Teil des Konzepts: die Ausarbeitung mit den Akteur/innen. Gemeinsam mit lokalen Akteur/innen und Bürger/innen gilt es nun auf Basis einer detaillierten Bestands- und Potenzialanalyse verschiedene Optionen für das Quartier zu diskutieren. Dabei werden verschiedene mögliche Angebote (z.B. Abwärme aus Industriebetrieben, zentrales Biomasse-BHKW) mit unterschiedlichen Sanierungstiefen abgewogen. Wichtig ist zu überlegen, welche Optionen zu welchem Zeitpunkt Sinn ergeben. Neben Zwischenzielen ist prinzipiell bei der Wärmewende eine langfristige Perspektive bis zum Jahr 2050 sinnvoll.

Sind das grundsätzliche Ziel und die Zwischenziele definiert, wird gemeinsam mit den Akteuren ein Handlungskatalog erstellt, welche Maßnahmen die nächsten ca. 5–10 Jahren zur Zielerreichung umzusetzen sind. Die dafür entstehenden Kosten werden konkretisiert und die aufkommenden Finanzierungsfragen diskutiert. Wichtiger Teil der Maßnahmenplanung ist die Frage, wie möglichst alle Akteure im Quartier in die Maßnahmenplanung integriert und eingebunden werden können. Welche Rolle können die Kommune oder der/die Quartiersmanager/in dabei spielen? Reichen beispielsweise die Bereitstellung von Beratungsangeboten oder begleitende Öffentlichkeitsarbeit um die Akteure für das Konzept gewinnen zu können oder bedarf es darüber hinaus z.B. auch finanzieller Förderung?

Die Beteiligung auf Quartiersebene ist aufgrund der komplexen Situation aus technischen Aspekten und gegebenenfalls unterschiedlichen Meinungen bei den Zielen ein wichtiger Baustein des Prozesses und sollte einen großen Raum bei der Erarbeitung des Quartierskonzepts einnehmen. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) empfiehlt, bestehende Akteursnetzwerke auf

Tabelle 9: Übersicht «Energetische Quartierskonzepte»

	Energetische Quartierskonzepte
Ziele	Entwicklung von zugeschnittenen energetischen Lösungen und Prozessen auf Quartiersebene in einem gemeinsamen Prozess mit den Akteuren.
Zielgruppe	Kommunen mit konkretem Handlungsbedarf für bestimmte Siedlungstypen und einer bereits gesamtkommunalen entwickelten Wärmestrategie.
Vorgehen	IST-Analyse und Entwicklung verschiedener Versorgungs- und Sanierungsoptionen, Abstimmung mit lokalen Akteuren, gemeinsame Entwicklung von Strategien und darauf aufbauenden Maßnahmen für die nächsten 5–10 Jahre.
Integration von anderen Konzepten	Quartierskonzepte konkretisieren idealerweise Strategien für die gesamte Kommune (Teilkonzept Wärmeversorgung, Energienutzungsplan, Klimaschutzkonzept/Coaching).
Aufwand (für Kommunen)	Mittel: Begleitung der Konzepterstellung (durch externen Dienstleister), Bereitstellung von Informationen und Daten, Auswahlprozess der Quartiere, Begleitung der Partizipation.
Kosten	ca. 3–9 Euro/Einwohner (ohne Förderung), je nach Quartiersgröße und Bearbeitungstiefe
Relevanz für die Wärmewende	Hoch: Die Ergebnisse bilden die Grundstrategien und Maßnahmen für die lokale Wärmewende; grundlegende Fragen der Versorgung, des Bedarfs und der Speicherung werden in den Konzepten festgelegt.
Eingebundene Akteure	Kommune (Kümmerer), Bürger, Wohnungswirtschaft, private Eigentümer, Mieter und Energieversorger. Eine Bürgerbeteiligung ist zur Steigerung der Akzeptanz von Anfang an empfohlen.
Weiteres Vorgehen	Der geförderte Sanierungsmanager hat die Möglichkeit, in der Folge das Quartierskonzept mit den Akteuren umzusetzen.

(*) Mehr Informationen im Internet unter: www.energetische-stadtsanierung.info

kommunaler und auf Quartiersebene zu nutzen. Auch die politische Unterstützung sollte von Beginn an gesichert werden. Kooperationsvereinbarungen tragen dazu bei, die Zusammenarbeit verbindlich zu machen und Ziele, Verantwortlichkeiten und Formen der Zusammenarbeit festzuhalten. Dabei ist es wichtig, einen zentralen Ansprechpartner zu benennen, der auch die Rolle eines «Kümmerers» im Prozess übernimmt. Die betroffenen Bürger/innen sollten ebenso von Anfang an einbezogen werden.

Durch eine integrative Herangehensweise werden die Akzeptanz für die energetische Stadtsanierung erhöht und die Umsetzungschancen verbessert. Dazu ist es wichtig, die Strategien mit anderen wesentlichen Quartiersthemen zu verknüpfen (z.B. Barrierefreiheit, Generationenwechsel) und auf bestehende Konzepte (z.B. Integrierte Stadtentwicklungs- und Handlungskonzepte) aufzubauen. Dabei müssen energetische Quartierskonzepte «lernende Konzepte» sein, die sich im laufenden Prozess ständig an die aktuellen Entwicklungen anpassen.

Das Quartierskonzept sollte jedoch nicht für sich stehen, sondern im Idealfall auch Potenziale über das Quartier hinaus (Wärmenetze als Ganzes) im Auge behalten. Auch sollten Quartierskonzepte nicht im Gegensatz zu festgelegten Strategien innerhalb der Kommune stehen, sondern diese ergänzen. Für die Kommune bleibt es dabei die Hauptaufgabe, eine Abstimmung der verschiedenen Ebenen zu erzielen und Sanierungsmanager/innen gegebenenfalls miteinander zu vernetzen.

Der in Kapitel 1 angesprochene Paradigmenwechsel bei der Wärmeversorgung kann auf Quartiersebene umgesetzt werden, aber ohne eine übergeordnete Strategie und Abstimmung auf verschiedenen Ebenen wird er letztlich nicht praktikabel und finanzierbar sein.

Auch Quartierskonzepte werden aktuell gefördert. Die KfW fördert energetische Konzepte und einen Sanierungsmanager in der ersten Umsetzungsphase (KfW432).¹⁷

17 Siehe auch: www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Energetische-Stadtsanierung/Finanzierungsangebote/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-%28432%29/#1

5 Unterstützungsangebote und Instrumente für den Einstieg zur kommunalen Wärmewende

Dieses Kapitel soll Kommunen Hilfen an die Hand geben, die ersten Schritte in Richtung Wärmewende zu unternehmen. Damit sollen Hinweise zur Konzeptentwicklung und für den Beginn der Umsetzungsplanung gegeben werden. Auf Ebene der Gesamtkommune helfen Checklisten in Kapitel 5.1, den Status quo zu ermitteln und zu bewerten. Als Einstieg in die kommunale Wärmewende in den Quartieren ist ein Kriterienraster für die Auswahl von für eine klimafreundliche Sanierung geeigneten Quartieren nützlich. Ein schneller Einstieg in strategische bzw. technische Überlegungen zur Wärmewende auf Quartiersebene ist mit dem Flussdiagramm in Kapitel 5.3 möglich.

5.1 Ermittlung Status quo

Um das komplexe Thema der Wärmewende auf kommunaler Ebene transparent und umsetzungsorientiert bearbeiten zu können, werden in diesem Abschnitt Hilfen und Checklisten für die schnelle Erfassung und Bewertung der Situation vor Ort gezeigt.

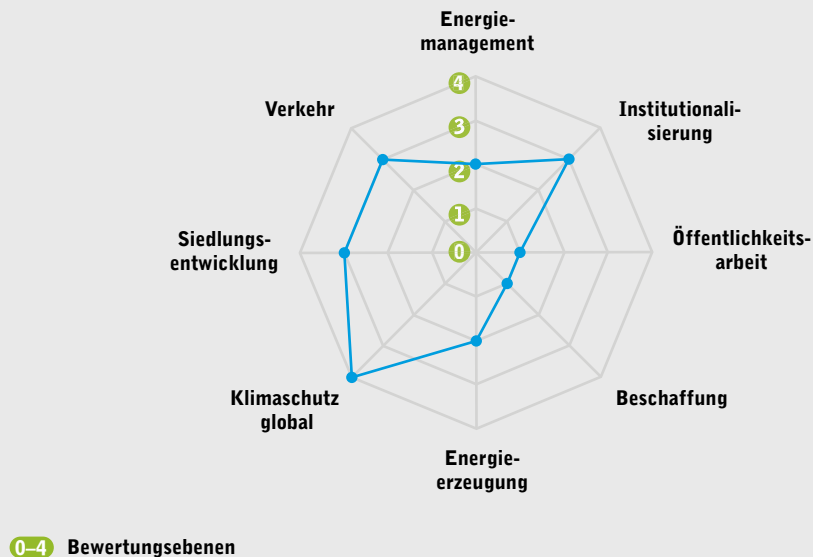
Kommunen können auf verschiedene Hilfsmittel zurückgreifen, um zu prüfen, ob sie sich für eine kommunale Wärmewende richtig aufgestellt haben. Neben dem Benchmark Kommunalen Klimaschutz (www.benchmark-kommunaler-klimaschutz.de) und dem European Energy Award (www.european-energy-award.de) bietet sich der Mini-Benchmark aus dem Projekt Coaching Kommunalen Klimaschutz an. Dieser ist speziell auf die Verwaltungstätigkeit zugeschnitten, transparent und steht kostenlos zur Verfügung. Die Checklisten des Mini-Benchmarks eignen sich vor allem als Einstieg für Kommunen, die noch wenig Vorerfahrung bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen haben. Sie sind daher nicht nur auf das Thema Wärmewende fokussiert. Diese Checklisten wurden im Rahmen des Projektes Coaching Kommunalen Klimaschutz¹⁸ gefördert und werden laufend aktualisiert.

Der Mini-Benchmark ist zwar auf Klimaschutz als Ganzes ausgerichtet, bietet aber für die gesamte Kommune wichtige Informationen zum qualitativen Status quo bei der kommunalen Wärmewende, die ja ein wesentlicher Aspekt des kommunalen

¹⁸ Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit dem Klima-Bündnis und der Deutschen Umwelthilfe durchgeführt und vom BMUB gefördert (www.coaching-kommunaler-klimaschutz.net).

Klimaschutzes darstellt. Im Mini-Benchmark erfolgt eine Bewertung der Aktivitäten mit geringem Aufwand analog der im Coaching-Projekt behandelten acht Maßnahmenbereiche. Dabei werden die Bereiche in vier Intensitätsstufen aufgeteilt, die in den meisten Bereichen durch das Ausfüllen hinterlegter Multiple-Choice-Fragebögen aktiviert werden und dann einen schnellen Gesamtüberblick über die Aktivitäten in der Kommune erlauben. Die Ergebnisse werden hier als Grafik dargestellt:

Abb.28: Mini-Benchmark Ergebnisse für eine Beispielkommune
Ist-Analyse der Klimaschutzaktivitäten in Musterhausen



Vier der acht Bereiche, nämlich Energiemanagement, Institutionalisierung, Energieerzeugung und Siedlungsentwicklung, betreffen mittel- oder unmittelbar die Wärmewende in Kommunen. Für diese vier Bereiche gibt es je eine Checkliste mit Bewertung für verschiedene Aktivitäten. Anhand von Ja/Nein-Abfragen zu ca. jeweils 40 Fragestellungen zum Vorhandensein von Zielen, Maßnahmen und Personal kann die Kommune ein relativ schnelles Bild erhalten, wie sie in diesen Bereichen aufgestellt ist. Die Einordnung erfolgt anhand von Wertungen der Einzelfragen, die zwischen 0,5 Prozent und 15 Prozent liegen können und in der Summe einer Checkliste maximal 100 Prozent ergeben können. Anhand dieser Wertungen für die einzelnen Fragestellungen kann die Kommunalverwaltung abschätzen, in welchen Teilbereichen sie bereits sehr aktiv ist und wo noch Ausbaupotenzial besteht. Die Bearbeitung der Checklisten kann innerhalb der Verwaltung erfolgen und später

intern oder mit anderen Akteur/innen im Rahmen der Konzepterstellung vorgestellt und diskutiert werden.

Checkliste Energiemanagement

Die Checkliste zum Energiemanagement kann im Rahmen von Klimaschutzkonzepten, Beratungsleistungen oder einem Teilkonzept «Energiemanagement» genutzt werden und stellt den Status quo in diesem Bereich dar. Im Fragebogen zum Energiemanagement kann die Kommune prüfen, inwieweit Klimaschutz in den von ihr betreuten Objekten bereits verankert ist. Dementsprechend werden klimaschutzrelevante Aspekte zur Organisation und Einbettung des Energiemanagements, Fragen zur Datenerhebung, Zielsetzungen, Planungen, Betriebsführung, Beschaffung, Nutzungsoptimierung, Begleitung investiver Einsparmaßnahmen sowie Berichterstattung überprüft.

Checkliste Klimaschutzmanagement (Institutionalisierung)

Der Bereich Institutionalisierung ist nicht nur für den kommunalen Klimaschutz im Allgemeinen, sondern auch für die lokale Wärmewende im Speziellen wichtig. Mit der Bearbeitung der Checkliste wird überprüft, inwieweit in der Kommune bereits erste strategische und organisatorische Grundlagen für Klimaschutz geschaffen wurden, wie der Definition von Zielen, der Organisation, Umsetzung, Finanzierung und im Klimaschutzcontrolling.

Checkliste Energieerzeugung

Der Bereich Energieerzeugung ist ein Kernelement für die Wärmewende. In der Checkliste werden viele Fragen aufgegriffen, die im Rahmen des Leitfadens aus technischer und organisatorischer Sicht schon thematisiert wurden. Zu Beginn der Checkliste wird überprüft, inwieweit in der Kommune bereits Ziele und Strategien für eine klimaverträgliche Energieversorgung und Wärmewende verankert sind. Dann werden Aktivitäten im Bereich der eigenen Liegenschaften und der Kooperation mit dem Energieversorger abgefragt. Schließlich folgt ein Fragenkatalog zum Ausbau der erneuerbaren Energien in der Kommune.

Checkliste Siedlungsentwicklung

Auch der Bereich Siedlungsentwicklung ist für die Wärmewende von großer Bedeutung. Hier werden viele Fragen aufgegriffen, die im Rahmen des Leitfadens schon thematisiert wurden. Zu Beginn der Checkliste wird überprüft, inwieweit die Kommunen bereits erste strategische und organisatorische Grundlagen für eine klimaverträgliche Siedlungsplanung geschaffen haben und in welchem Umfang Beteiligungsprozesse laufen. Dann werden Aktivitäten im Bereich Flächennutzungsplanung und Bauleitplanung abgefragt und schließlich das Management der Stadtverwaltung bei der Neubau- und Sanierungsplanung sowie der Energieversorgung befragt.

Tabelle 10: Checkliste Siedlungsentwicklung (Status quo)

Themen- gebiet	Fragestellung	Wertung		Antwort
				Ja/Nein
Verankerung von Klima- schutz bei Fragen der Siedlungs- entwicklung	<i>Politisch kurz- und mittelfristig verankerte Klimaschutz- ziele in der Stadtplanung (z.B. bis 2020 oder 2025)</i>		30%	
	Gibt es ein Leitbild CO ₂ -Minderung im Neubaubereich?	3%		☐ / ☐
	Gibt es ein Leitbild CO ₂ -Minderung in Bestandsquartieren?	5%		☐ / ☐
	Gibt es ein Leitbild CO ₂ -Minderung der Wärmeversorgung?	5%		☐ / ☐
	Sind Quartiersentwicklungskonzepte mit übergeordneten Strategien der Kommune (z.B. in einem integrierten Klimaschutzkonzept) abgestimmt?	5%		☐ / ☐
	Gibt es Vorgaben bei Maßnahmen in Quartieren und der Kommune für eine ganzheitliche Planung (Abstimmung der Angebotsseite mit der Nachfrageseite)?	4%		☐ / ☐
	<i>Beteiligungsprozesse</i>			
	Findet im Rahmen der Quartiersentwicklung eine Bürgerbeteiligung statt?	3%		☐ / ☐
	Werden externe Akteure, welche eine nachhaltige Sied- lungsentwicklung verfolgen (z.B. Umweltverbände oder Stadtteilvereine) in die Quartiersentwicklung einbezogen?	3%		☐ / ☐
	Werden Energieagenturen und Energiedienstleister bzw. -versorger in die Quartiersentwicklung einbezogen?	2%		☐ / ☐
Integration von Klima- schutz in die Stadtplanung	<i>Flächennutzungsplan</i>		40%	
	Sind Klimaschutzaspekte im Flächennutzungsplan berück- sichtigt (z.B. kompakte Bebauung mit geringem Flächen- verbrauch und Mischnutzung)?	5%		☐ / ☐
	Werden Flächen für Fotovoltaikanlagen aktiv gesucht und ausgewiesen?	3%		☐ / ☐
	Werden Standorte für Windkraftanlagen aktiv gesucht und entsprechende Voraussetzungen geschaffen?	3%		☐ / ☐
	Werden Standorte für Biomasse/Biogasanlagen aktiv gesucht und entsprechende Voraussetzungen geschaffen?	2%		☐ / ☐
	Werden Standorte für Geothermieranlagen geprüft und gegebenenfalls ausgewiesen?	2%		☐ / ☐

Themen- gebiet	Fragestellung	Wertung		Antwort
				Ja/Nein
	<i>Bauleitplanung</i>		30%	
	Sind bei der Bestandsaufnahme im Bebauungsplan klima- bzw. energierelevante Aspekte explizit berücksichtigt?	3%		☐ / ☐
	Spielt der Klimaschutz bei der Zielsetzung von Bebauungsplänen eine entscheidende Rolle?	3%		☐ / ☐
	Müssen bei der Ausarbeitung von Alternativen klimaverträgliche Alternativen prioritär behandelt werden?	3%		☐ / ☐
	Werden bei der Bewertung von städtebaulichen Entwürfen Aspekte wie Kompaktheit und Ausrichtung berücksichtigt?	2%		☐ / ☐
	Werden bei der Bewertung von städtebaulichen Entwürfen Aspekte wie Verschattungsfreiheit und passive Solarenergie berücksichtigt?	2%		☐ / ☐
	<i>Weitere Instrumente</i>			
	Werden Wärmenetze über Anschluss- und Benutzungs- zwang oder ähnlich stark wirkende Instrumente gefördert?	4%		☐ / ☐
	Werden Klimaschutzstandards in privatrechtlichen und städtebaulichen Verträgen festgeschrieben?	4%		☐ / ☐
	Werden Klimaschutzstandards (z.B. Passivhaus) durch zusätzliche Förderungen angestoßen?	4%		☐ / ☐
Management von Klima- schutz in der Stadtplanung	<i>Qualitätssicherung</i>		30%	
	Gibt es bei der Umsetzung von Vorhaben ein Qualitäts- management für die Einhaltung von energetischen Standards (intern oder durch externe Prüfer)?	3%		☐ / ☐
	Gibt es verbindliche Checklisten und/oder Ablaufpläne in der Stadtplanung zur Berücksichtigung energetischer Belange?	3%		☐ / ☐
	Wird die Verwaltung bei der Stadtplanung durch unabhängige Berater unterstützt?	1%		☐ / ☐
	<i>Neubauplanung</i>			
	Gibt es bei der Neubauplanung Energie- und Klima- schutzteilkonzepte?	2%		☐ / ☐
	Gibt es im Rahmen der Neubauplanung Bürgerberatung zum klimaverträglichen Bauen?	2%		☐ / ☐
	Gibt es im Rahmen der Neubauplanung finanzielle Anreize zum klimaverträglichen Bauen?	1%		☐ / ☐

Management von Klimaschutz in der Stadtplanung	<i>Sanierungsplanung</i>			
	Gibt es einen Kriterien- und Prioritätenkatalog für die klimaverträgliche Quartierssanierung?	2%		☐ / ☐
	Gibt es einen kurz- oder mittelfristigen Zeitplan für die Sanierung der Quartiere?	3%		☐ / ☐
	Gibt es einen Quartiersmanager zur energetischen Sanierung?	3%		☐ / ☐
	Gibt es bei der Quartierssanierung Bürgerberatung zum klimaverträglichen Sanieren?	2%		☐ / ☐
	<i>Energieversorgung</i>			
	Gibt es ein Flächenmanagement bei den erneuerbaren Energien?	2%		☐ / ☐
	Gibt es für die Sanierungsgebiete Wärmeversorgungsstrategien?	3%		☐ / ☐
	Gibt es eine Ausbaustrategie für klimaverträgliche leitungsgebundene Energieträger?	3%		☐ / ☐

5.2 Kriterienraster zur Auswahl von Quartieren

Wie im Kapitel 3.7 dargestellt, wird die kommunale Wärmewende vor allem in Quartieren umgesetzt. Für eine detaillierte ingenieurtechnische Planung von Quartierskonzepten gibt es umfangreiches Informationsmaterial, das den Umgang z.B. mit GIS-basierten Gebäudedaten, Gebäudetypologien bis zu Siedlungsstrukturmustern beschreibt (z.B. StMUG 2011). Der Aufwand für so eine Detailerfassung aller Quartiere einer Stadt ist aber relativ hoch. Um einen schnellen Überblick zu bekommen, welche Quartiere sich am besten für eine klimaverträgliche Sanierung eignen, bietet sich eine vereinfachte Rasterung an.

So ein Raster, das den Einstieg in eine gebietsbezogene Wärmenutzungsplanung erleichtert, wurde vom ifeu in Zusammenarbeit mit den Stadtplanern Ettlingen im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes entwickelt (ifeu 2010). Es ist einfach auf andere Städte übertragbar.

Dazu werden für homogene Gebiete wichtige Merkmale in Bezug auf energetische Gebäudesanierung und primärenergieschonende Energieversorgung gesammelt. Zu ermittelnde Merkmale sind: Gebäudeart, Baualtersklasse, Bebauungsdichte (Kompaktheit), Hinweise zur Energieversorgung (leitungsgebunden, Festbrennstoff- oder Ölheizung etc.), Sanierungsstand (Beurteilung der Fensterqualität, Außenwanddämmung, Wärmebrücken etc.), Eigentümerstrukturen (Teileigentümer/innen, private Eigentümer/innen und Nutzer/innen, private Vermieter/innen, Wohnungsbaugesellschaften etc.).

Datenquellen sind Studien und Konzepte (z.B. Wärmeatlas), kommunale Statistiken, Berichte und Auswertungen der Stadtentwicklung sowie das vorhandene Know-how des Planungsamtes. Gegebenenfalls sind Vor-Ort-Begehungen der Quartiere zur Feststellung des Sanierungsstandes notwendig.

In Ettlingen wurden insgesamt 16 homogene Gebiete ausgewählt, die das Stadtbild deutlich prägen. Für diese Gebiete wurden die Merkmale zusammengestellt. Anschließend erfolgte die Priorisierung der Gebiete zur Planung der kommunalen Aktivitäten sowie zur Festlegung von zielgruppenspezifischen Maßnahmen nach folgendem Raster:

Tabelle 11: Bewertungsraster für die Punktevergabe zur Auswahl von geeigneten Quartieren

Bewertungskriterium	Priorität	Bewertungsskala	Erläuterungen
Energiekennzahl (kWh/m ² a)	5	>180	Ermittlung der spezifischen Energiekennzahl nach Gebäudetypologie, Baualterklasse und Sanierungsstand.
	4	179–131	
	3	130–111	
	2	110–91	
	1	90–71	
	0	<70	
Absoluter Energieverbrauch	5	>10000	Ermittelt aus den Wohnflächen, spezifischen Energieverbrauchskennwerten und der Anzahl der Gebäude im Quartier.
	4	8000–9999	
	3	6000–7999	
	2	4000–5999	
	1	2000–3999	
	0	<1999	
Handlungsbedarf energetische Gebäudesanierung	5	Alte Fenster, keine AW-Dämmung	Beurteilung des baulichen Zustands (Fensterqualität, Außenwanddämmung, Wärmebrücken etc.) und Bewertung des kurz- und mittelfristigen Handlungsbedarfs je nach Sanierungszyklus.
	4	AW-Dämmung und Fenster in den nächsten 5 Jahren	
	3	AW-Dämmung und Fenster in den nächsten 10 Jahren	
	2	AW-Dämmung oder Fenster in den nächsten 10 Jahren	

	1	Sanierungsbedarf in 10 bis 20 Jahren notwendig	
	0	kein Handlungsbedarf, da neue Kessel/geringe PE-Faktoren	
Handlungsbedarf Energieversorgung	5	Stromdirektheizung	Beurteilung des Handlungsbedarfs hinsichtlich Sanierungszyklen in der Energieversorgung, Energieträgerumstellung, Einsatz primärenergieschonender Energieträger.
	4	Alte Kessel und schlechte PE-Faktoren	
	3	Kesseltausch in 5 Jahren notwendig	
	2	Kesseltausch in 10 Jahren notwendig	
	1	Kesseltausch in 10 bis 20 Jahren notwendig	
	0	kein Handlungsbedarf, da neue Kessel/geringe PE-Faktoren	
Übertragbarkeit innerhalb der Kommune	5	sehr hoch	Bewertet wird die Häufigkeit des Vorhandenseins ähnlicher Siedlungsstrukturen (z.B. anhand Gebäudetyp, Baualtersklasse sowie Eigentümerstruktur).
	4	hoch	
	3	mittel	
	2	gering	
	1	sehr gering	
	0		
Besitzstruktur	5		Bewertet wird die Möglichkeit der Beeinflussung des/ der Bauherren.
	4	>75% WBG	
	3	50–75 % WBG	
	2	<50 % WBG	
	1	Teileigentümer / Streubesitz	
	0		

Demnach erreichen Quartiere mit hohem Handlungsbedarf aufgrund der Energiekennzahl, geringem Sanierungsstand, hoher Übertragbarkeit (häufig im Stadtgebiet vorhanden und große Multiplikatorwirkung) und Energieträgern mit hohen

Primärenergiefaktoren hohe Punktzahlen. Im Ergebnis kann daraus für jedes Quartier ein wie folgt dargestelltes Beschreibungs- und Maßnahmenraster entwickelt werden:

Tabelle 12a: Beschreibungs- und Bewertungsraster für ein Quartier

Wichtige rahmen-gebende Aspekte	Denkmalschutz, gemischte Gebäudenutzung, Sanierungsgebiet, kommunale Wohnungsbaugesellschaft als zentraler Akteur, multifunktionale Nutzung
Sanierungsstrategie	Sanierung der denkmalgeschützten Gebäude, kein Öl in der Innenstadt, Aufbau eines Wärmenetzes
Maßnahmen	Klimaschutzmaßnahmen in bestehende Aktivitäten integrieren, z.B. Entwicklung attraktive Angebote für Energieberatung, Kooperation mit Wohnungsbaugesellschaft in Bezug auf Sanierung im Denkmalschutz, Integration der verschiedenen Interessengruppen (z.B. Handel, Anwohner WBG), öffentlichkeitswirksame Aktionen zum Thema Klimaschutz

Tabelle 12b: Beschreibungs- und Bewertungsraster für ein Quartier

Ist-Zustand	Daten	Priorität (0–5)	Hinweise
Baualtersklasse	Gemischt		
Gebäudeart	Gemischt		Mehrfamilienhäuser
Energieträger	Erdgas/Öl		Erdgas ca. 60%, 40% Heizöl
Energiekennzahl (kWh/m ² a)	140–180	4	
Summe Verbrauch (MWh/a)	4.375	2	
Handlungsbedarf Gebäudesanierung		4	Energetische Gebäudesanierung unter Denkmalschutz
Handlungsbedarf Energieversorgung		3	Kesseltausch in den nächsten 5 Jahren
Besitzstruktur Anteil WBG (%)	30%	2	Private Eigentümer und Wohnsbaugesellschaften
Übertragbarkeit		2	Denkmalschutz, Innenstadt mit hoher Ausstrahlung
Priorität der Stadt		5	
Summe der Punkte		22	

Auf Basis der Punktbewertung lässt sich eine Prioritätenliste mit einer zeitlichen Meilensteinplanung ableiten, die aufzeigt, in welchen Quartiere die Stadt wann



Ein Beispiel-Wohnquartier für ein Beschreibungs- und Bewertungsraster

und wie aktiv werden könnte. Quartiere mit hoher Punktezahl sollten kurzfristig in den Aktivitätsplan einbezogen werden, da diese durch hohen Verbrauch, geringen Sanierungsstand und ggf. einer hohen Übertragbarkeit aufgrund der Besitzstruktur gekennzeichnet sind. Die Art der Aktivitäten hängt maßgeblich von der Struktur des Gebietes ab, welche Sanierungszyklen anstehen, welche Maßnahmen aufgrund der Bebauungsstruktur sinnvoll sind etc. Zur Maßnahmenentwicklung sollte ein Beteiligungsprozess mit Akteur/innen vor Ort angestoßen werden.

5.3 Auswahl technischer Entwicklungspfade

In Kapitel 3 wurden Entwicklungspfade der kommunalen Wärmewende allgemein beschrieben. Diese dort aufgezeigten relativ komplexen Zusammenhänge zwischen Effizienz und erneuerbaren Energien werden hier in einem Flussdiagramm vereinfacht als mögliche Entwicklungspfade eines Quartiers dargestellt (siehe Abbildung 30). Dabei geht es nicht um eine Anleitung einer detaillierten Quartiersplanung, sondern um das Aufzeigen wesentlicher Optionen in Richtung einer CO₂-armen Wärmeversorgung. Detailliertere planungstechnische Anleitungen zur Quartiersplanung können z.B. dem Leitfaden Energienutzungsplan (StMUG 2011) entnommen werden. In dem Flussdiagramm sind folgende Kriterien berücksichtigt:

- Einfluss typischer Siedlungsstrukturen über die Wärmedichte (= Start des Flussdiagramms links)
- Aufzeigen der langfristigen Handlungsoptionen zur Erreichung einer CO₂-armen Wärmeversorgung (= Ziel des Flussdiagramms rechts)
- Vorhandensein von Wärmenetzen (Bestand und Neubau)

- Energiequellen vor Ort (Fossile Energieträger, Abfall, Abwärme, Geothermie, Solarthermie, Biomasse)
- Abnahmeprofile im Wärmebereich (anhand von Endenergiekennzahlen Raumwärme/Warmwasser).
- Energieversorgungsstrukturen (Fern- Nahwärme, Objekt-KWK/Einzelversorgung)
- Langfristige Entwicklung von Dampf-zu-Heißwasser- und LowEx-Netzen

Auf die meisten Punkte wurde bereits an anderer Stelle des Leitfadens eingegangen. Der Punkt Siedlungsstruktur und Wärmedichte wird erst an dieser Stelle behandelt. Daher wird hier ein Exkurs zu diesem Thema eingeschoben.

Exkurs «Wärmedichte»

Ausgangspunkt des Flussdiagramms ist die Wärmedichte des betrachteten Quartiers, berechnet als jährlicher Wärmebedarf bezogen auf die bebaute Fläche. Die Wärmedichte ergibt sich aus der Bebauungsdichte und dem Effizienzstandard der geplanten oder bestehenden Bebauung. Die Bebauungsdichte wird in der Stadtplanung über die Geschossflächenzahl (GFZ) definiert. Die GFZ gibt das Verhältnis der gesamten Geschossflächen aller Vollgeschosse zu der Fläche des Baugrundstücks an. Klassische Siedlungstypen können daher einfach über die GFZ beschrieben werden. So liegt diese beispielsweise bei einem Dorf mit Einfamilienhausbebauung bei 0,2, bei einer Reihenhausbauung einer Vorstadt bei 0,9 und bei einer Mehrfamilienhaus-Blockrandbebauung einer Stadt bei 1,5. Eine genauere Zuordnung der Bebauungsstruktur zu den GFZ befindet sich im Anhang.

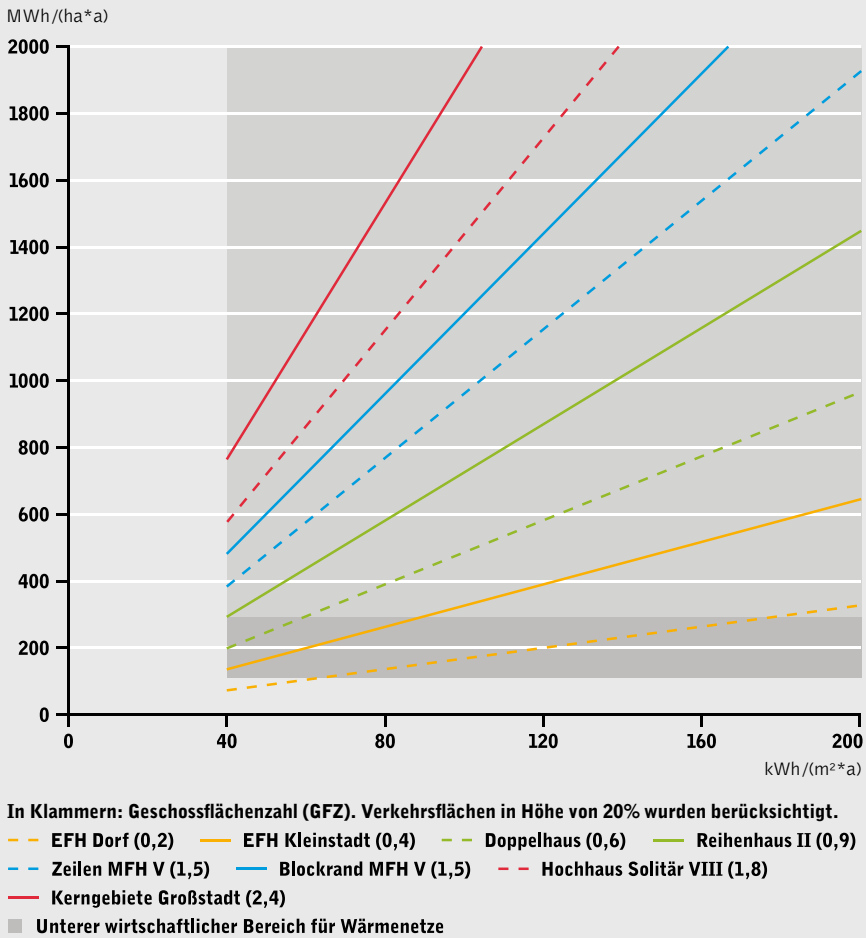
Der Effizienzstandard kann theoretisch über Energiebedarfskennwerte einer Gebäudetypologie ermittelt und praktisch, falls Einzelgebäudedaten vorhanden sind, mit GIS-basierten Energieverbräuchen abgeglichen werden.

Sowohl im Bestand als auch in der Regel bei Neubauquartieren sind in einer frühen Projektierungsphase bereits wesentliche Rahmenbedingungen, wie z.B. Grundflächenzahl (GRZ), Geschosshöhen und Geschossflächenzahl (GFZ) festgelegt. Entscheidenden Einfluss auf die Wärmedichte hat dann der Effizienzstandard. Im Neubau können vorgegebene Werte der EnEV, z.B. durch KfW-55- oder Passivhaus-Standard, deutlich unterschritten werden. Im Bestand können langfristig bis zu 70 Prozent der Energie durch energieeffiziente Sanierungen vermieden werden.

Abbildung 29 zeigt die Wärmedichte in Abhängigkeit von verschiedenen Siedlungstypen und der Energiekennzahl (Heizung und Warmwasser). Dabei wurden pauschal 20 Prozent Verkehrsflächen berücksichtigt. Im Extremfall variiert die Wärmedichte theoretisch zwischen 60 MWh/(ha * a) bei einer neu-gebauten Passivhaussiedlung in lockerer ländlicher Bebauung (GFZ 0,2) und

3.600 MWh/(ha*a) bei einer schlecht gedämmten Nachkriegssiedlung im Kerngebiet einer Großstadt (Faktor 60!). In der Praxis liegen die Wärmedichten bei Landgemeinden zwischen 250 und 400 MWh/(ha*a), bei Städten mit größeren Fernwärmegebieten bei circa 900 MWh/(ha*a).

Abb.29: Wärmedichte in Bezug auf Energiekennzahl und Siedlungsstruktur (Energiebedarf/Wohnfläche)



Quelle: ifeu, Richtvert, Fraunhofer IBP 2014

Die Wärmedichte ist ein entscheidender Faktor für die Option eines Wärmenetzausbaus eines Quartiers. Wie in Kapitel 3.3 aufgezeigt, sind Wärmenetze für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung vorteilhaft, um unterschiedliche

Energiequellen flexibel und kostengünstig einsetzen zu können. Allerdings ist das Ausbaupotenzial u.a. durch wirtschaftliche Rahmenbedingungen begrenzt. Die hohen Investitionskosten eines Nahwärmenetzes¹⁹ müssen durch den Verkauf der Wärme wieder hereingespielt werden. Außerdem ist das Effizienzziel gegenläufig zum Ziel eines des Wärmenetzausbaus. Je besser der Wärmedämmstandard der Gebäude ist, desto niedriger sind die Wärmedichte und damit der Ertrag über den Wärmeverkauf.

Der untere wirtschaftliche Bereich für Wärmenetze beginnt etwa zwischen 150 und 300 MWh/(m²*a). Hier müssen allerdings optimale Bedingungen (wie z.B. kostengünstige Verlegung der Wärmenetze in unbefestigtem Gelände und/oder ein kostengünstiges Wärmeangebot) vorliegen.

Zu erkennen ist, dass bei verdichteten Siedlungsstrukturen mit einer GFZ über 0,9 (Reihenhaus II) selbst bei einem extrem guten Effizienzstandard (ähnlich Passivhausstandard) noch eine Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen nach (Wolff und Jagnow 2011) erreicht werden kann.²⁰ Danach liegt die untere Grenze für einen wirtschaftlichen Bereich von Wärmenetzen zwischen etwa 2.000 und 3.000 kWh pro Trassenmeter. Bezogen auf die Wärmedichte (siehe Abbildung 29) läge dann die untere Grenze der Wirtschaftlichkeit bei 300 MWh/(m²*a), im günstigsten Fall, d.h. bei kompaktem Wärmenetz, geringen Netzverlusten und niedrigen Energiebezugskosten, minimal bei 150 MWh/(m²*a). Dieser Wert wurde auch in StMUG 2011 zu Grunde gelegt und wird daher im Flussdiagramm als Minimalwert der Wärmedichte für die Eignung als ein Wärmenetzgebiet übernommen.

Mit dem Flussdiagramm ist ein schneller Einstieg in strategisch/technische Überlegungen zur Wärmewende auf Quartiersebene möglich. Fragen zum Prozess (Einbindung der Akteure, Ablauf der Planung etc.) sind hier nicht berücksichtigt.

Das Flussdiagramm ist weitgehend selbsterklärend. Ausgehend von der Siedlungsstruktur und Wärmedichte (WD → Startpunkt links) sowie verschiedenen Versorgungsoptionen werden zukünftige Optimierungsmöglichkeiten im Hinblick auf eine nahezu CO₂-freie Wärmeversorgung (Zielzustand rechts) verknüpft.

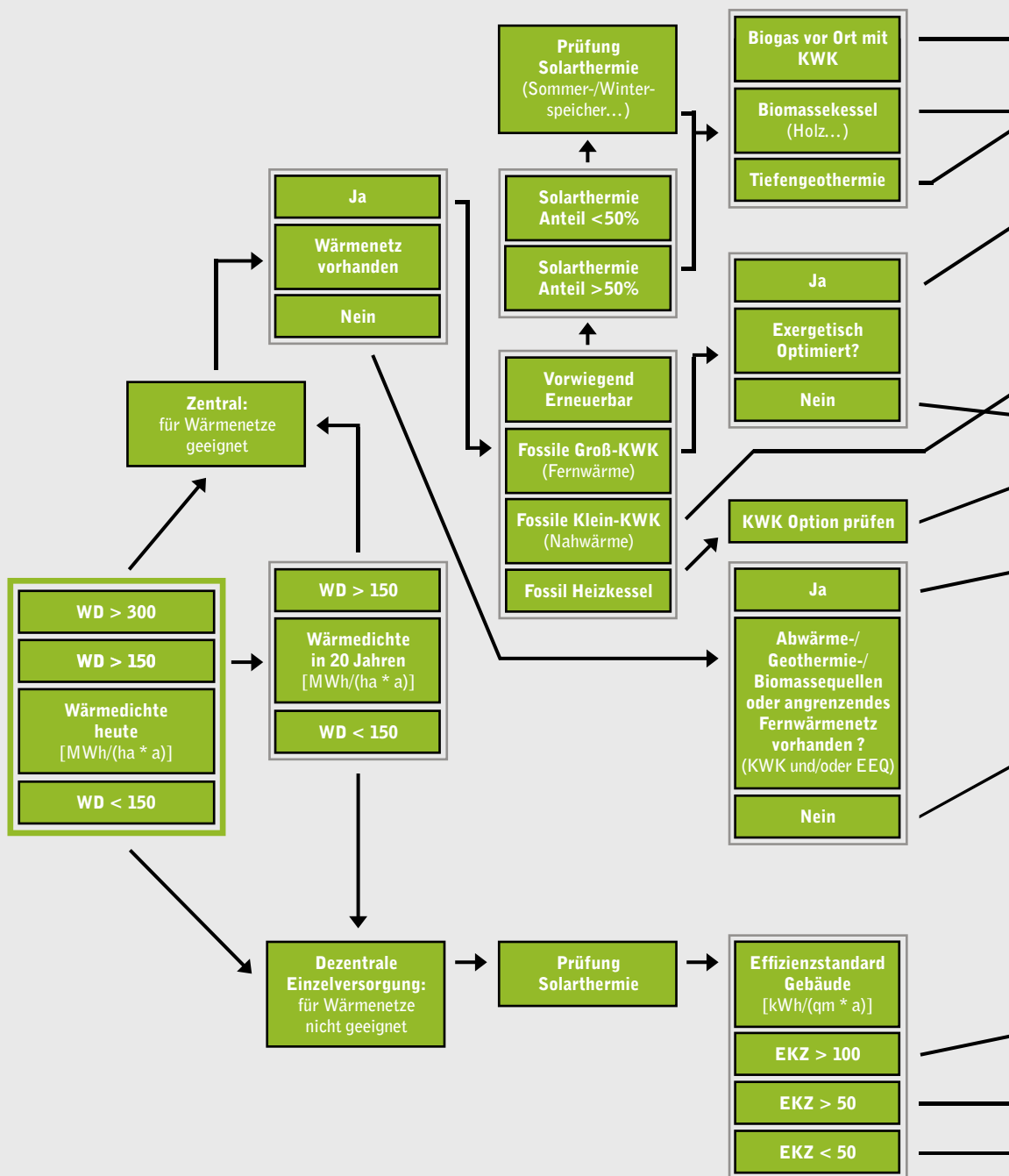
19 Die Geschossflächenzahl (GFZ) ergibt sich aus dem Produkt der Zahl der Vollgeschosse und der Grundflächenzahl (GRZ) zur Grundfläche. Die Grundflächenzahl gibt den Flächenanteil eines Baugrundstückes an, der überbaut werden darf. Beispiel: Die Grundfläche eines 2-geschossigen Hauses beträgt 112 m², die Fläche des Grundstückes 400 m². Die GRZ beträgt dann 112/400 = 0,28. Die GFZ $112 * 2 / 400 = 0,56$. Das bedeutet, dass die Geschossfläche 56 Prozent des Grundstückes darstellt.

20 Um von der Wärmedichte grob auf die Kosten des Fernwärmenetzes schließen zu können, müsste daraus die Wärmelinien-dichte, d.h. die jährlich absetzbare Wärme pro Trassenmeter Nahwärmeleitung, abgeleitet werden. Im Detail ist das nur über eine Wärmenetzplanung möglich. Vereinfacht gilt zwischen einer GFZ von 0,2 und 1,2: Länge des Unterverteilnetzes [m/ha] = $105 * GFZ / GFZ^{1,84}$ (Henning et al. 2011 und ifeu).

Neben Versorgungsoptionen werden dabei auch Verbesserungsoptionen für Gebäudestandards aufgezeigt. Die dort angegebenen Energiekennzahlen (EKZ) beziehen sich auf die Endenergiekennzahl Raumwärme und bewegen sich zwischen $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, was einem sehr guten Neubaustandard entspricht und 100 oder $150 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, d.h. einem teilsanierten Gebäudebestand. Die Kennzahl von $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ kann nicht in allen Fällen realisiert werden. In Quartieren mit schützenswertem Gebäudebestand oder anderen Restriktionen (siehe Beuth HS und ifeu 2012 und Beuth HS und ifeu 2015) können diese Kennwerte nicht ganz erreicht werden. In diesem Fall müssen Defizite bei den Effizienzmaßnahmen durch weitere Maßnahmen im Bereich der erneuerbaren Wärmeversorgung ausgeglichen werden. Der Zielkennwerte sollte im Schnitt unter 10 kg CO_2 (inkl. Prozesskette und Äquivalenten) pro m^2 Nutzfläche liegen. Folgende Leitgedanken liegen dem Diagramm zu Grunde:

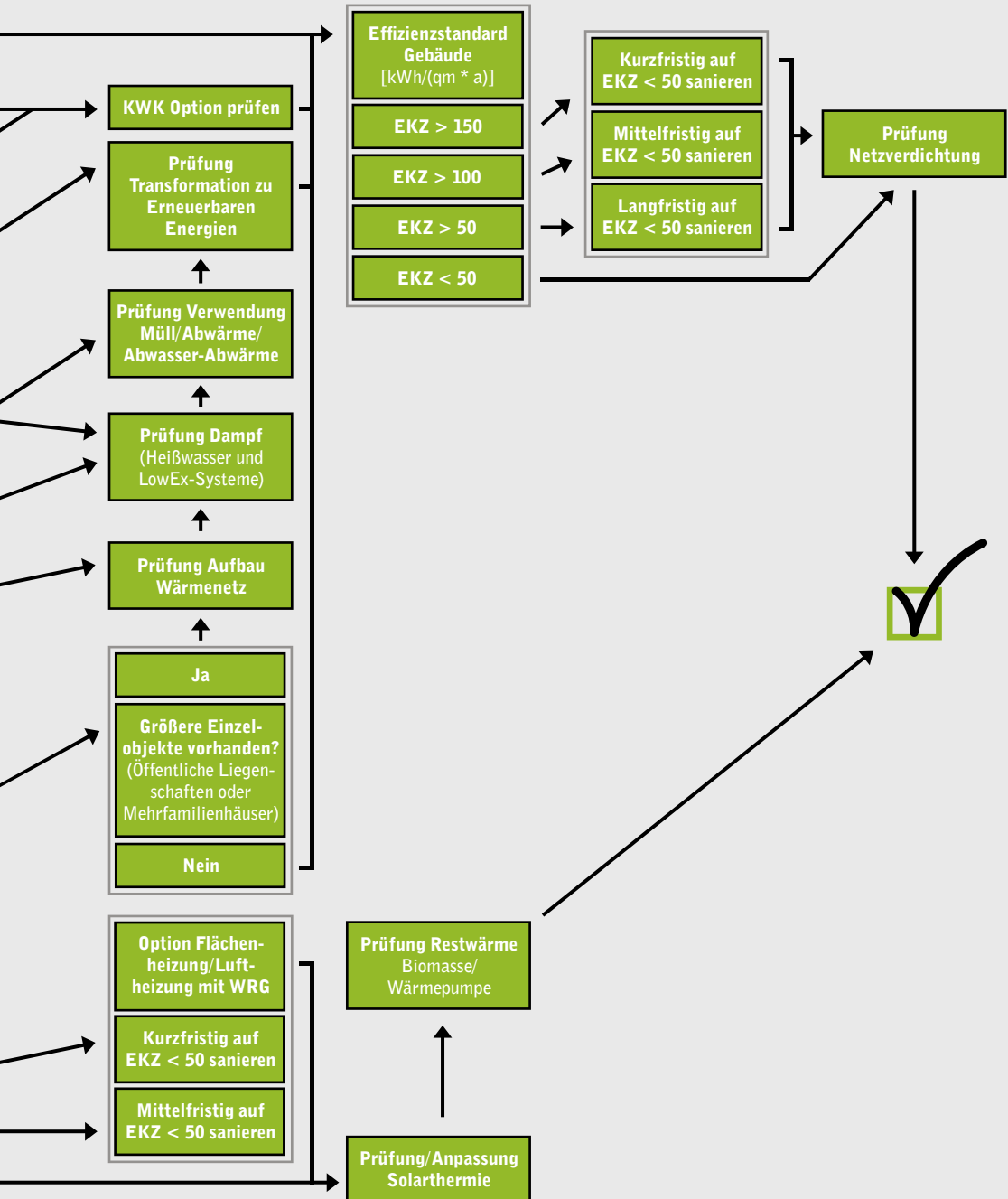
- In Gebieten mit sehr geringer Wärmedichte, die nicht für Wärmenetze geeignet sind, stehen die Verringerung des Verbrauchs und eine weitgehende Deckung über Solarenergie im Vordergrund. Der Restwärmebedarf wird dann entweder durch Biomasse oder Wärmepumpen (Strommix zukünftig vorwiegend erneuerbar) gedeckt.
- Gebiete mit mittlerer und hoher Wärmedichte werden mit einem Wärmenetz ausgestattet (bzw. es wird das bestehende ausgebaut). Auch hier haben erneuerbare Energien Vorrang. Die Verringerung des Verbrauchs ist hier zur Zielerreichung ebenfalls notwendig, wird aber (zumindest im Bestand) nicht immer sofort durchführbar sein.
- Bestehende Wärmenetze mit fossiler Versorgung (Heizwerk oder KWK) sollten kurz- bis mittelfristig auf erneuerbare Energien und/oder die Nutzung von Abwärme oder Wärme aus Abfall oder Abwasser umgestellt werden. Wesentlich ist dabei auch die Anpassung der Umwandlungs- und Verteilsysteme an den geringeren Wärmebedarf (exergetische Optimierung, siehe Kapitel 3.5).

Abb.30: Entscheidungsmatrix Wärmewende



WD = Wärmedichte [MWh/(ha * a)]

EKZ = Endenergiekennzahl Raumwärme [kWh/(m² * a)]



ANHANG

LITERATUR- UND INTERNETQUELLEN

- AGORA ENERGIEWENDE (2014): Power-to-Heat zur Integration von ansonsten abgeregeltem Strom aus Erneuerbaren Energien. Handlungsvorschläge basierend auf einer Analyse von Potentialen und energiewirtschaftlichen Effekten. Berlin.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT- UND GESUNDHEIT (StMUG) (Hg.) (2011): Leitfaden Energienutzungsplan. München.
- BEUTH HOCHSCHULE (HS)/Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) (2012): Technische Restriktionen bei der energetischen Modernisierung von Bestandsgebäuden. Endbericht. Berlin und Heidelberg.
- BEUTH HOCHSCHULE (HS)/Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) (2015): Dämmbarkeit des deutschen Gebäudebestands. Endbericht. Berlin und Heidelberg.
- BLESL, M./Kempe, S./Ohl, M./Fahl, U./König, A./Jenssen, T./L. Eltrop (2009): Wärmeatlas Baden-Württemberg. Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) Universität Stuttgart, Endbericht.
- FRAUNHOFER UMSICHT (Hg.) (1998): Leitfaden Nahwärme. Fraunhofer IRB Verlag, Oberhausen.
- GÄRTNER, S./Hienz, G./Keller, H./M. Müller-Lindenlauf (2013): Gesamtökologische Bewertung der Kaskadennutzung von Holz. Umweltauswirkungen stofflicher und energetischer Holznutzungssysteme im Vergleich. IFEU, Heidelberg.
- HAMBURG INSTITUT (2015): Fernwärme 3.0. Strategien für eine zukunftsorientierte Fernwärmepolitik. Hamburg.
- HASSENPFUG, R. (2015): Schönstädter Bürger bauen das größte Nahwärmenetz Deutschlands, www.nw-schoenstadt.de/index.php/projekt-nahwaerme, zuletzt aufgerufen am 09.09.2015.
- HENNING, H.-M./Schnabel, L./Jochem, E. Toro, F./Reitze, F./J. Steinbach (2011): Erarbeitung einer integrierten Wärme- und Kältestrategie. Arbeitspaket 1 – Bestandsaufnahme und Strukturierung des Wärme- und Kältebereichs. Fraunhofer ISE, Forschungsbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG (ifeu) (2014): 100% Wärme aus erneuerbaren Energien? Auf dem Weg zum Niedrigstenergiehaus im Gebäudebestand. Endbericht. Heidelberg.
- INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG (ifeu) (2010): Integriertes Klimaschutzkonzept für die Stadt Ettlingen. Endbericht. Heidelberg.
- INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG (ifeu), Fraunhofer IBP/RICHTVERT (2014): Die Nutzung von Exergieströmen in kommunalen Strom-Wärme-Systemen zur Erreichung der CO₂-Neutralität von Kommunen bis zum Jahr 2050. Endbericht. Heidelberg, Kassel, Münster.
- INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG (ifeu) und Wuppertal Institut (WI) (2009): Energiebalance – Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Endbericht. Heidelberg, Wuppertal.
- INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG (ifeu), GEF/AGFW (2013): Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung zu Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien. Endbericht. Heidelberg, Leimen, Frankfurt am Main.
- INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG (IÖW) (2010): Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. Berlin.
- INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG (IÖW) (2014): Kommunale Wertschöpfung durch energetische Gebäudesanierung (KoWeG). Endbericht. Berlin.

- INSTITUT WOHNEN UND UMWELT (IWU) (2002): Bewertung der Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen und Biomasse-Heizsystemen. Darmstadt.
- MINISTERIUM FÜR ENERGIEWENDE, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (MELUR) (Hg.) (2014a): Die Energiewende im Wärmesektor – Chancen für Kommunen. Hansadruck, Kiel.
- MINISTERIUM FÜR ENERGIEWENDE, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (MELUR) (Hg.) (2014b): Die kommunale Wärmeplanung. Hansadruck, Kiel.
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (Hg.) (2007): Netzgebundene Wärmeversorgung – Anregungen für Kommunen und andere Akteure. Dessau-Roßlau.
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (Hg.) (2013): Strom- und Wärmeversorgung einer Siedlung bei unterschiedlichen Energieeffizienz-Standards. Dessau-Roßlau.
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (Hg.) (2014): Der Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand. Dessau-Roßlau.
- WOLFE, D./K. Jagnow (2011) Untersuchung von Nah- und Fernwärmenetzen. Überlegungen zu Einsatzgrenzen und zur Gestaltung einer zukünftigen Fern- und Nahwärmeversorgung. Endbericht, Wolfenbüttel/Braunschweig.
- WUPPERTAL-INSTITUT (WI), DLR-Institut/Institut für Energetik und Umwelt (2006): Anforderungen an Nah- und Fernwärmenetze sowie Strategien für Marktakteure in Hinblick auf die Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung bis zum Jahr 2020. Endbericht. Wuppertal, Stuttgart, Leipzig.

GLOSSAR

Blockheizkraftwerk (BHKW)

Im Gegensatz zu großen Heizkraftwerken in Fernwärmenetzen besteht ein Blockheizkraftwerk aus kleineren Modulen mit geringerer Leistung (zwischen einigen kW und wenigen Tausend kW). Es steht meist in der Nähe von Wärmeabnehmern und besteht in der Regel aus gas- oder ölbetriebenen Motoren, die Strom und Wärme gleichzeitig produzieren (siehe Kraft-Wärme-Kopplung). Typische Anwendungsfelder für BHKWs sind die Wärmeversorgung von Schwimmbädern und Krankenhäusern sowie die Beheizung und Warmwasserversorgung von größeren Wohn- oder Bürogebäuden.

(Energie-)Effizienz

Durch verschiedene Effizienzmaßnahmen kann der (Primärenergie-)Aufwand im Verhältnis zum Nutzen verringert und damit der Wirkungsgrad erhöht werden. Z.B. kann durch eine Gebäudedämmung der Energieverbrauch für dieselbe Energiedienstleistung (warmer Raum) erheblich reduziert werden. Auch durch Dämmung der Heizleitungen, durch Optimierung der Regelung, Einbau eines besseren Heizkessels oder durch Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung innerhalb oder außerhalb des Gebäudes wird Primärenergie eingespart.

Endenergie

Im Kontext kommunaler Energie- und Klimaschutzkonzepte wird Endenergie als die Energie definiert, die bei dem/der Verbraucher/in tatsächlich ankommt und in der Regel auch über die Rechnungsstellung verbucht wird (im Gegensatz zur Primärenergie, s.u.).

Energiedienstleistungen

Der Begriff der Energiedienstleistung wurde in den USA Anfang der 1980er Jahre entwickelt. Ziel war es, das Augenmerk verstärkt auf den Nutzeffekt (die Dienstleistung) und nicht nur auf die eingesetzte Energie zu richten. So ist z.B. das eigentliche Ziel der Beheizung von Gebäuden nicht die Lieferung von Wärme, sondern die Bereitstellung eines behaglichen Raumes. Dies lässt sich auch mit geringem Einsatz von Energie erreichen, wenn das Gebäude mit einer guten Wärmedämmung ausgestattet ist. Damit wird ein Energieversorger zum Energiedienstleister. Er liefert z.B. nicht nur Strom, sondern sorgt für die effiziente Ausleuchtung einer Turnhalle. Durch Investitionen in eine moderne Beleuchtung verdient er genauso viel wie vorher.

Energieeinsparverordnung

Seit 2002 legt die Energieeinsparverordnung (EnEV) bundesweit Mindestanforderungen für den Wärmeschutz (Gebäudehülle) und die Energieeffizienz (Anlagentechnik) fest. Die EnEV soll sicherstellen, dass für Neubauten und teilweise auch für Bestandsgebäude ein hoher Energieeffizienzstandard eingehalten wird. Werden 10 Prozent der Bauteilflächen eines Gebäudes geändert, müssen vorgegebene Effizienzstandards auch bei der Sanierung eingehalten werden. Die Bundesregierung strebt bis 2050 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand an und wird daher die EnEV sukzessive weiter in dieser Richtung optimieren.

Exergie

Exergie kann als Qualität bzw. als Arbeitsfähigkeit der Energie bezeichnet werden. So haben elektrische und mechanische Energie 100 Prozent Exergie-Anteil und sind somit hochwertig. Demgegenüber kann Wärmeenergie unterschiedlich hohe Exergieanteile aufweisen. Heißes Wasser mit 100 °C könnte theoretisch noch 25 Prozent, Abwärme mit 40 °C noch 10 Prozent Arbeit verrichten.

Kraft-Wärme-Kopplung (strom- oder wärmegeführt)

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) werden Strom und Wärme zusammen erzeugt. Dadurch können 10 bis 30 Prozent Primärenergie eingespart werden. Bei der wärmegeführten KWK wird prioritär der Wärmebedarf einer Siedlung gedeckt. Der Strom wird selbst verbraucht oder ins Netz eingespeist. Bei der stromgeführten KWK wird zuerst der Stromeigenbedarf gedeckt bzw. Strom bei lukrativen Strompreisen ins Netz gespeist. Die dabei anfallende Wärme wird verbraucht oder gespeichert.

Konsistenz

Konsistenz steht für die konsequente Anwendung des Kreislaufprinzips: Erneuerbare statt erschöpfliche Energiequellen, geschlossene statt offene Stoff- und Energieströme, Ressourcennutzung statt Ressourcenverbrauch. Konsistenz setzt bei der Art der Energieerzeugung an, während Effizienz und Suffizienz auf die Reduktion der benötigten Menge an Energie zielen.

LowEx-Systeme

LowEx-Systeme umschreiben Energiesysteme die exergetisch optimiert sind. Dabei wird versucht, den Energiebedarf mit Energien zu decken, die der Nachfrage angepasst sind. So könnte die Raumwärmeversorgung einer Siedlung mit gutem Dämmstandard bereits mit Abwärme von 40 °C oder 50 °C gedeckt werden und muss nicht über hochwertige Energieträger (Heizöl, Gas) bereitgestellt werden. Erdgas sollte, z.B. in KWK, erst in hochwertige Energie (Strom) umgewandelt werden. Die ausgekoppelte Wärme steht dann für niederwertige Energieanwendungen (Warmwasser, Raumwärme) zur Verfügung.

Marktanreizprogramm

Das Marktanreizprogramm (MAP) des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) fördert die Anwendung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt, insbesondere thermische Solaranlagen, Wärmepumpen und Biomasseanlagen. Da bei Neubauten der Einsatz erneuerbarer Energien für die Wärmeerzeugung bundesweit gesetzlich vorgeschrieben ist, werden, bis auf einige besonders innovative Technologien, nur Anlagen im Gebäudebestand gefördert.

Nutzenergie

Nutzenergie umfasst alle technischen Formen der Energie, also Wärme, mechanische Energie, Licht, elektrische und magnetische Feldenergie und elektromagnetische Strahlung, welche der/die Verbraucher/in für die Energiedienstleistungen benötigt. Möchte er/sie z.B. einen warmen Raum haben, so gibt der Heizkörper dafür Nutzenergie ab.

Passivhaus

Grundidee des Passivhauses ist die passive Beheizung eines Gebäudes, d.h. der Verzicht auf ein traditionelles Heizsystem, wie z.B. einem Heizkessel und Heizkörpern. Die Wärmeverluste werden im Passivhaus so stark verringert, dass eine noch erforderliche Restheizung leicht über eine Nacherwärmung der Zuluft erreicht werden kann. Der Heizenergieverbrauch eines Passivhauses liegt mit 15 kWh (Energieinhalt von etwa 1,5 Litern Heizöl) je Quadratmeter Wohnfläche und Jahr um ein Mehrfaches unter dem eines Neubaus nach der EnEV. Durch die hervorragende Dämmung der Gebäudehülle wird der Wohnkomfort in einem Passivhaus wesentlich verbessert. Hohe Oberflächentemperaturen mit geringen Temperaturdifferenzen zur Raumluft sorgen für thermische Behaglichkeit. Für frische Luft ohne Zugerscheinungen sorgt eine Lüftungsanlage mit einer hocheffizienten Wärmehückgewinnung. Auch im Bestand können Passivhauselemente eingesetzt werden, die zu Energieeinsparungen von 75 und 90 Prozent führen können. Allerdings können die Neubauzielwerte wegen der verbleibenden Wärmebrücken im Rahmen der Sanierung nicht immer erreicht werden.

Power to Heat (PtH/P2H)

Prinzipiell bedeutet Power to Heat, dass Strom («power») im Wärmebereich («heat») eingesetzt wird. Im Speziellen wird der Begriff im Zusammenhang mit der Nutzung von zeitweise anfallenden Überschüssen von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien (Photovoltaik und Windkraft) verwendet. Bevor diese abgeregelt werden müssen, kann der Strom im Wärmebereich eingesetzt werden. Kurzfristig bietet sich die Nachrüstung von Fernwärmenetzen an, die im Normalfall die Wärme fossil erzeugen. Langfristig könnten Stromüberschüsse aus erneuerbaren Energien auch zur Gewinnung von Gasen (Methan oder Wasserstoff) genutzt werden (= Power to Gas oder kurz PtG).

Primärenergie

Primärenergie ist der Energieinhalt von Energieträgern, die in der Natur vorkommen und technisch noch nicht umgewandelt wurden. Man unterscheidet zwischen den, an menschlichen Maßstäben gemessen, unerschöpflichen bzw. regenerativen, den fossilen und nuklearen Energieträgern. Primärenergie wird bearbeitet und transportiert und kommt dann als Endenergie, z.B. als Benzin oder Strom, beim Verbraucher an.

Rebound-Effekte

Man spricht vom Rebound-Effekt wenn durch Effizienz erreichte Einsparungen (teilweise) durch die gleichzeitige Steigerung der Nachfrage wieder aufgezehrt werden. Das könnte z.B. passieren, wenn ein alter Kühlschrank durch einen effizienten, aber doppelt so großen neuen ersetzt wird. Ebenso könnte ein psychologischer Effekt durch Effizienzmaßnahmen entstehen, indem z.B. die LED-Lampen nicht mehr so häufig ausgeschaltet werden, da sie fast keinen Strom mehr verbrauchen. In der Regel verringert der Rebound-Effekt die Effizienz. Um das zu verhindern sollten u.a. Suffizienzmaßnahmen (s.u.) umgesetzt werden.

Residuallast/Spitzenlast

Die Residuallast (Restlast) ist die nachgefragte Leistung (Last) in einem Stromnetz, die nach Einspeisung fluktuierender erneuerbarer Erzeuger noch zu decken ist. Sie stellt also die Restnachfrage dar, welche von regelbaren Kraftwerken gedeckt werden muss. Mit zunehmendem Anteil von erneuerbaren Energien im Stromnetz müssen diese deutlich flexibler werden. Grundlastkraftwerke wie Atomkraftwerke oder Braunkohlekraftwerke eignen sich nicht für eine flexible Fahrweise. Für die Deckung von kurzfristigen Stromspitzen (Spitzenlast) werden Kraftwerke benötigt, die innerhalb von Sekunden oder Minuten hohe Leistungen zur Verfügung stellen können. Hierzu zählen unter anderem Pumpspeicherkraftwerke, aber auch moderne Gasturbinenkraftwerke.

Sanierungsfahrplan

Der Sanierungsfahrplan ist ein Instrument des Erneuerbaren Wärmegesetzes (EWärmeG) in Baden-Württemberg, das seit 2015 den Pflichtanteil für Wärme aus erneuerbaren Energien in bestehenden Wohngebäuden mit mindestens 15 Prozent vorgibt. Über den Sanierungsfahrplan kann bei Wohngebäuden ein Drittel der Nutzungspflicht (5 Prozent) erfüllt werden. Der Sanierungsfahrplan soll Gebäudeeigentümer Effizienzmaßnahmen in einer zeitlichen Reihenfolge und damit eine energetische Gesamtbetrachtung des Gebäudes über die Nutzungsdauer aufzeigen.

Suffizienz

Suffizienz wird ergänzend zu Effizienz und Konsistenz verwendet und beinhaltet die Frage nach dem «rechten» Maß einer Lebens- und Wirtschaftsweise, inklusive

ihres Verbrauchs von Gütern und damit Stoffen und Energie. Suffizienz soll nicht Verzicht bedeuten, sondern mit einer höheren Lebensqualität einhergehen. So reduziert eine alleinstehende Person, die aus einem großen Haus in ein Wohnprojekt zieht, zwar ihre Wohnfläche, bekommt aber dafür mehr Lebensqualität durch den Austausch und Service im Rahmen des Gemeinschaftsprojektes. Grundlegende Suffizienzstrategien sind Entschleunigung, Entflechtung, Entkommerzialisierung und Entrümpelung.

Wärmedichte

Die Wärmedichte beschreibt, wie viel Wärme in einem Wärmenetz einer bestimmten Siedlung pro Fläche potenziell abgenommen werden könnte. Sie ist einer der wichtigsten Faktoren für die Option eines Wärmenetzausbaus eines Quartiers und wird in MWh pro Hektar bebaute oder bebaubare Fläche dargestellt. In der Praxis liegen die Wärmedichten bei Landgemeinden zwischen 250 und 400 MWh/(ha*a), bei Städten mit größeren Fernwärmegebieten bei circa 900 MWh/(ha*a). Die Wärmedichte ist für die Wirtschaftlichkeit des Netzes entscheidend. Der untere wirtschaftliche Bereich für den Aufbau eines Nahwärmenetzes liegt, abhängig von den örtlichen Gegebenheiten, zwischen 150 und 300 MWh/(ha*a). Die Wärmedichte ist im Wesentlichen von der Bebauungsdichte (Einfamilienhausbebauung bis Hochhäuser) und dem Dämmstandard der Gebäude (alter nicht gedämmter Gebäudebestand bis Passivhausneubau) abhängig.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AW	Außenwand
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BW	Baden-Württemberg
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
Ct.	Cent
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
EGH	Entwicklungsgesellschaft Heidelberg GmbH
EKI SH	Energie- und Klimaschutzinitiative Schleswig-Holstein
EKZ	Energiekennzahl
EM M-V	Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern
EnEV	Energieeinsparverordnung
ENP	Energienutzungsplan
EU ETS	European Union Emissions Trading System, Emissionshandelssystem der EU
EU	Europäische Union
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EWärmeG	Erneuerbare-Wärme-Gesetz
FUG	Fernwärme Ulm GmbH
GFZ	Geschossflächenzahl
GIS	Geographische Informationssysteme
HKW	Heizkraftwerk
HS	Hochschule
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
JAZ	Jahresarbeitszahl

KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW _{el}	Kilowatt elektrisch
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWK-G	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
kW _{th}	Kilowatt thermisch
MAP	Marktanreizprogramm
MELUR	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
MFH	Mehrfamilienhaus
MWh	Megawattstunde
NAPE	Nationaler Aktionsplan für Energieeffizienz
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
PE	Primärenergie
PtH	Power-to-Heat
PV	Photovoltaik
SH	Schleswig Holstein
StMUG	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt
WBG	Wohnungsbaugesellschaft
WI	Wuppertal-Institut
WP	Wärmepumpe

Wärmewende in Kommunen

Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung

Viele Städte auf der ganzen Welt haben sich in den vergangenen Jahren selbst verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen durch eine bessere Wärmeversorgung deutlich zu senken und so einen wichtigen Beitrag beim Klimaschutz zu leisten. Deutschland hängt trotz der Energiewende bei diesem Vorhaben zurück, weil die Energiewende in erster Linie die Stromversorgung betrifft. Eine «Wärmewende» ist aber auch deshalb notwendig, weil sie ein wichtiger Baustein beim Umbau unseres Energiesystems sein kann, wenn überschüssiger Strom aus regenerativen Quellen in Wärme umgewandelt oder gespeichert wird. Dabei würden die Kommunen mit ihren Wärmenetzen und Neubauquartieren Schlüsselakteure sein.

Der Leitfaden *Wärmewende in Kommunen* wurde vom ifeu-Institut Heidelberg im Auftrag der Heinrich-Böll-Stiftung erarbeitet. Er richtet sich an alle, die in ihrer Stadt oder Gemeinde die Wärmewende in Angriff nehmen wollen, und bietet einen Kompass für die richtigen Entscheidungen zur klimaneutralen Wärmeversorgung.

ISBN 978-3-86928-142-1