

RENEWS SPEZIAL

NR. 79 / NOVEMBER 2016

DIE KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG EIN WICHTIGER TREIBER DER WÄRMEWENDE



AGENTUR FÜR
ERNEUERBARE
ENERGIEN
unendlich-viel-energie.de

AUTOR

Magnus Maier

Redaktionsschluss: Oktober 2016

ISSN 2190-3581

HERAUSGEGEBEN VON

Agentur für Erneuerbare Energien e. V.

Invalidenstraße 91

10115 Berlin

Tel.: 030 200535 30

Fax: 030 200535 51

E-Mail: kontakt@unendlich-viel-energie.de

INHALT

1 Beschleunigung der Wärmewende mit kommunaler Wärmeplanung	4
2 Ausgangslage: Der deutsche Wärmemarkt	5
3 Sinn und Ziele der kommunalen Wärmeplanung	6
4 Der Weg zum kommunalen Wärmeplan	7
4.1 Schritt 1: Wärmeinventur/ Bestandsaufnahme, Bedarfsermittlung und Potenzialanalyse	7
4.2 Schritt 2: Konzeptentwicklung und Handlungsoptionen.....	9
4.3 Schritt 3: Entwurf eines Wärmekonzepts und des kommunalen Wärmeplans.....	10
4.4 Schritt 4: Umsetzung	11
4.5 Akteursbeteiligung	11
5 Funktionsweise eines Biomasse-Wärmenetzes	12
6 Vorteile des kommunalen Wärmeplans	14
6.1 Vorteile für die Kommune und die Bürger.....	14
6.2 Beitrag zur Energiewende.....	15
6.3 Grenzen für die Errichtung von Wärmenetzen	16
7 Fördermöglichkeiten für Kommunen	17
7.1 Förderung für Wärmeplänen.....	17
7.2 Förderung von Wärmenetzen.....	17
8 Vorbild Dänemark	18
8.1 Kommunale Wärmepläne sind Pflicht	18
8.2 Die Rolle der Biomasse in Dänemark: Weg von Öl und Kohle hin zu Holz und Stroh	19
9 Beispiele aus der Praxis	20
9.1 Das Klimaschutzteilkonzept Wärme der Kommune Lamsheim-Heßheim (Rheinland-Pfalz).....	20
9.2 Das Klimaschutzteilkonzept Wärme der Kommune Groß-Gerau (Hessen)	23
10 Zusammenfassung	25
11 Literatur und weiterführende Links	26

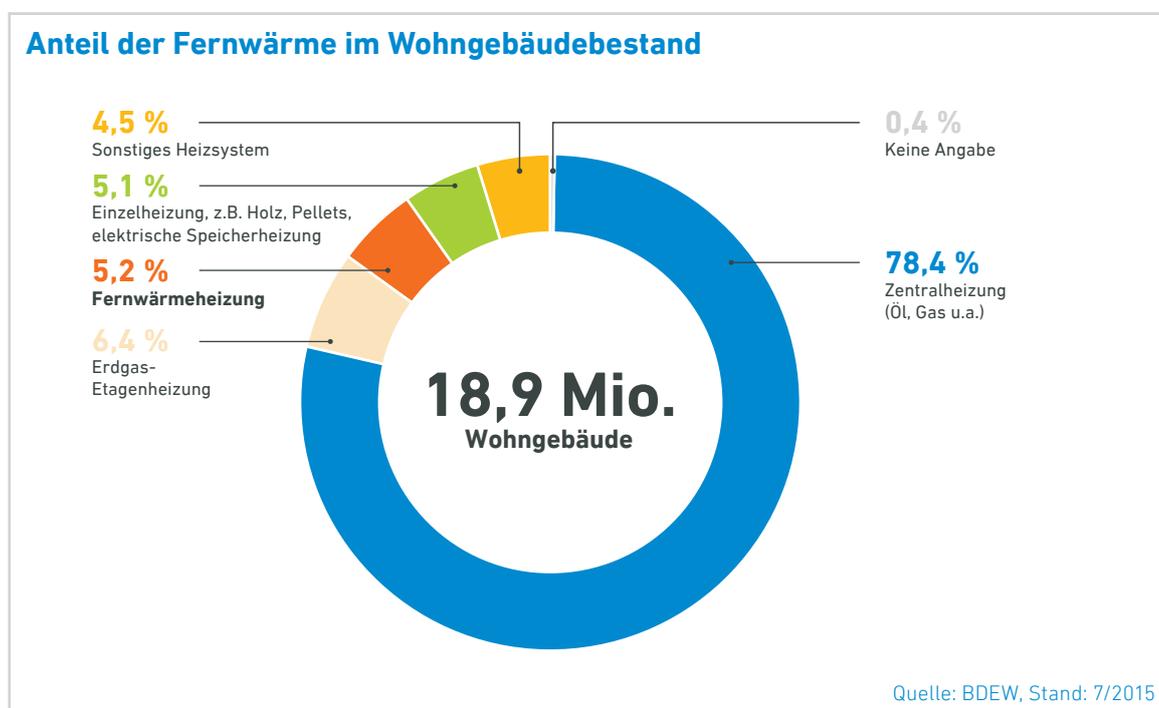
1 BESCHLEUNIGUNG DER WÄRMEWENDE MIT KOMMUNALER WÄRMEPLANUNG

Ein großer Teil der Treibhausgasemissionen in Deutschland liegt direkt oder indirekt im Wirkungsbereich der Kommunen. Mit der kommunalen Wärmeplanung verfügen sie über einen wirksamen Hebel, um die Energiewende im Heizungskeller und damit den Klimaschutz voranzubringen. Sie spielen bei der Wärmewende eine Doppelrolle als aktive Gestalter der Energieversorgung sowie als Mediatoren und Multiplikatoren zwischen der großen Vielfalt an beteiligten Akteuren. Sie sind oft zugleich Grundstückseigentümer für Netze und Anlagen, Energieabnehmer vor Ort sowie Gestalter der kommunalen Planungsinstrumente. Außerdem kann die Kommune durch ihr eigenes Handeln beim Klimaschutz eine Vorbildrolle einnehmen. Da es sich bei der Wärmeversorgung um ein hochkomplexes Feld handelt, sind oft eine schier unüberschaubare Vielzahl an Akteuren und deren Interessen involviert. Hier kann die Kommune Interessenkonflikte moderieren und konstruktive Lösungen voranzutreiben.

Die Vorteile einer strategischen Wärmeplanung für die Kommune liegen dabei auf der Hand: Investitionen und Aufträge für lokal ansässige Unternehmen stärken die Wirtschaft, Arbeitsplätze entstehen vor Ort, die Wärmepreise bleiben stabil und gleichzeitig sinken die Schadstoffemissionen. Die Energiekosten machen einen großen Teil der kommunalen Ausgaben aus. Der Großteil davon fließt aus der Kommune ab, wenn Erdöl und Erdgas zum Einsatz kommen. Kommunale Entscheidungsträger können über die Gestaltung der Wärmeversorgung Energiekosten senken und dafür sorgen, dass das Geld in die lokale Wirtschaft zurückfließt. Dafür braucht es in Zukunft einen intelligenten und integrierten Ansatz bei der Wärmeversorgung. Kostspielige kleinteilige Lösungen können durch effiziente Wärmenetze ersetzt werden, wo es technisch machbar ist und es sich wirtschaftlich lohnt. Viele Beispiele belegen, dass Wärmenetze mit Erneuerbaren Energien wirtschaftlich erfolgreich betrieben werden können. Diese Form der Daseinsvorsorge erfordert kollektive Entscheidungen. Die Kommune ist die geeignete Instanz, um die Entscheidungen anzustoßen. Kommunale Wärmepläne helfen dabei, Vorbehalte zu entkräften und unterschiedliche Interessen auszubalancieren. Die Potenziale für den Einsatz Erneuerbarer Energien und effizienter Kraft-Wärme-Kopplung werden wissenschaftlich fundiert ermitteln. Kommunale Wärmepläne können so dabei helfen, die Wärmeversorgung effizienter und klimaschonender zu gestalten. Bei den Investitionen in Erneuerbare Energien und in die energetische Gebäudesanierung können Synergien genutzt werden und der optimale Maßnahmenmix gewählt werden.

2 AUSGANGSLAGE: DER DEUTSCHE WÄRME-MARKT

Der Ausbau effizienter Wärmenetze kommt nur langsam voran. Vom Jahr 2000 bis 2014 sind in 2,8 Millionen Wohnungen die Heizungsanlagen ausgetauscht worden. In nur 218.000 Wohnungen wurde auf Fernwärme umgestellt, was einem Anteil von weniger als 8 Prozent entspricht. Die Anschlussleistung und der Gesamtabsatz von Fernwärme stagnieren seit etwa 20 Jahren. Und das, obwohl Fernwärme in einer Umfrage des BDEW aus dem Jahr 2015 zur Zufriedenheit der Kunden am besten abschneidet. 69 Prozent sind mit ihrer Heizung zufrieden oder sogar äußerst zufrieden. Die Hauptattraktivität liegt in der einfachen Handhabung des Heizungssystems (83 Prozent der Befragten).¹ Auch der Umstieg auf Einzelfeuerungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien verläuft schleppend. In 362.000 Wohnungen wurden Holzcentralheizungen installiert.



Im Sinne des Klimaschutzes muss Fernwärme nicht nur ausgebaut, sondern auch von fossil auf erneuerbar umgestellt werden. Fernwärme wird heute noch größtenteils von großen, zentralen Heizkraftwerken geliefert. Nur etwa 10 Prozent der Fernwärme wurden 2013 aus Erneuerbaren Energien gespeist.² Wärmenetze der Zukunft werden dagegen Wärme aus verschiedenen Erneuerbaren-Energie-Quellen sowie industrielle Abwärme einsammeln, speichern und Angebot und Nachfrage intelligent koordinieren. Der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Fernwärmeerzeugung ist unter den Bundesländern sehr unterschiedlich. So lag der Beitrag der Erneuerbaren in Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2012 schon bei 52,9 Prozent. In Sachsen waren es dagegen nur 2,2 Prozent.

¹ BDEW 2015.

² HIR 2015.

3 SINN UND ZIELE DER KOMMUNALEN WÄRMEPLANUNG

Ein Wärmeplan ist ein informelles Planungsinstrument der Kommune zur langfristigen Gestaltung der Wärmeversorgung. Kommunale Wärmepläne zeigen Wege auf, wie örtliche Gemeinschaften die zahlreichen Chancen der Wärmewende über intelligente Lösungen für sich nutzbar machen können. Sie sollen die Wärmeversorgung effizienter machen, auf klimaschonende Techniken umstellen und die Preise sollen langfristig stabil gehalten werden. Kommunen können mithilfe einer Wärmeplanung Prioritäten setzen und fundierte Entscheidungen treffen. Die getroffenen Entscheidungen können in andere Planungsinstrumente (z.B. die Bauleitplanung oder den Flächennutzungsplan) integriert werden.

Die Entwicklung im Wärmesektor wird bisher größtenteils durch unkoordinierte Investitionsentscheidungen der einzelnen Gebäudeeigentümer bestimmt. Dabei wäre, im Vergleich zur Summe der individuellen Einzellösungen, der Anschluss an ein Wärmenetz – für ein Dorf oder Quartier betrachtet – oft die wirtschaftlich attraktivere Variante. Wärmepläne sollen deshalb zu Investitionsentscheidungen aus einer umfassenden Perspektive führen und für ganze Siedlungen oder Ortsteile sinnvolle Klimaschutzmaßnahmen sowie den passenden Mix aus Effizienzmaßnahmen und Wärmelösungen identifizieren. So kann auf fundierter Datengrundlage bewertet werden, ob Einzellösungen, wie z.B. Pelletheizungen, oder eine netzgebundene Wärmeversorgung die vorzüglichere Lösung darstellt. Um Wärmenetze genau dort auszubauen, wo es wirtschaftlich sinnvoll ist und sich technisch umsetzen lässt, braucht es eine strategische Planung. Wärmepläne zeigen auf, wie sich bestehende Wärmenetze von fossilen Brennstoffen auf Erneuerbare Energien umstellen lassen oder wo neue Wärmenetze für eine Wärmeversorgung auf Basis von Biomasse, Solarthermie, Erdwärme, industrieller Abwärme und Power-to-Heat errichtet werden sollten. Unter Federführung der Kommune können sich unterschiedliche Interessenvertreter in einem transparenten Verfahren an der Erstellung kommunaler Wärmepläne beteiligen. Ein Ausbau von Wärmenetzen muss mit der Stadtplanung insgesamt koordiniert werden.

Deutschland hat sich das langfristige Ziel gesetzt, bis 2050 einen klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen. Den Kommunen kommt eine zentrale Rolle zu, die dafür notwendigen Handlungsstrategien zu entwickeln. Potenziale Erneuerbarer Energien und Maßnahmenkataloge der einzelnen kommunalen Wärmepläne können zu regionalen, landes- und bundesweiten Wärmestrategien aufaddiert werden. Umgekehrt können übergeordnete Ziele der Landesregierungen und des Bundes auf kommunale Ebene heruntergebrochen werden. Die Energieeffizienzrichtlinie der Europäischen Union (RL 2012/27/EG) öffnet in Artikel 14 die Möglichkeit, kommunale Wärmepläne zur verpflichtenden planerischen Aufgabe der Kommunen zu machen.

4 DER WEG ZUM KOMMUNALEN WÄRMEPLAN

Grob lässt sich die Verwirklichung eines kommunalen Wärmeplans in drei Hauptphasen untergliedern: Die Bestands- und Potenzialanalyse, die Konzeptentwicklung und die Umsetzung. Alle drei Phasen finden idealerweise unter einer transparenten Akteursbeteiligung statt. In der ersten Phase geht es darum, die notwendigen Daten systematisch zu sammeln. Erforderlich sind Daten zu Wärmebedarf und -erzeugung, Wärmequellen, zur bestehenden Infrastruktur und zu den Potenzialen der erneuerbaren Wärmegewinnung. Darauf aufbauend werden Prognosen zur Wärmebedarfsentwicklung erstellt. Als nächstes werden Konzepte und Alternativen entwickelt. Aus diesen Optionen entscheidet sich die Kommune für die für sie optimale Variante und entwickelt dafür Handlungsstrategien. Die Auswahl erfolgt anhand von Prioritäten der Gemeinde und ihrer Bürger. Neben Wirtschaftlichkeit, Klimaschutz und der Nutzung Erneuerbarer Energien muss die Gemeinde auch andere Aspekte berücksichtigen, z.B. Naturschutz und Akzeptanz. Die Prioritäten setzen die kommunalpolitischen Entscheidungsträger unter Beteiligung der Öffentlichkeit. Für den Prozess der Erstellung des Wärmeplans sollte zu Beginn ein spezielles Steuerungsteam eingesetzt werden, das die Zusammenarbeit mit Fachplanern, Ingenieuren und Architekten koordiniert.

Der kommunale Wärmeplan sollte nicht isoliert betrachtet werden. Er fügt sich auch in regionale, überregionale und sogar globale energiepolitische Entscheidungen zum Klimaschutz ein. Der Wärmeplan ist immer auch langfristig angelegt und sollte deshalb auch Szenarien für die Zukunft beinhalten.

4.1 SCHRITT 1: WÄRMEINVENTUR/BESTANDSAUFNAHME, BEDARFSERMITTLUNG UND POTENZIALANALYSE

Zunächst ist ein Planungsbeschluss der Kommunalverwaltung zu treffen. Gremien, Arbeitsgruppen und/oder Projektteams sind einzurichten. Dann geht es an die Erhebung bzw. Beschaffung und Strukturierung der Daten. Die notwendigen Daten werden oft mithilfe eines Geoinformationssystems (GIS) erstellt. Zur Erhebung der Daten dienen Flurkarten, Luftbilder, Flächennutzungspläne, Bebauungspläne sowie eine Aufstellung aller öffentlichen Liegenschaften, Betriebe und Energieerzeugungsanlagen. Mit diesen Daten können Straßen und Quartiere identifiziert werden, die sich für gemeinsame Wärmever-sorgungskonzepte eignen.

Bei der Wärmebedarfsermittlung wird zwischen dem statistischen Bedarf ganzer Siedlungen und dem Bedarf einzelner Gebäude differenziert. Relativ homogene Gebiete werden in Siedlungstypen eingeteilt. Einzelne Gebäude werden nach Wohngebäudetypen (Einfamilienhaus, Doppelhaushälfte, Reihen- und Mehrfamilienhaus bzw. Nicht-Wohngebäude) sowie nach dem Alter kategorisiert. Nicht-Wohngebäude werden nach Gebäuden für Gewerbe-, Handel- und Dienstleistung (GHD) und Industrie unterschieden. Diesen Gebäudetypen werden spezifische Wärmeverbrauchskennwerte zugeordnet. Aus dem Wärmebedarf wird schließlich die Wärmedichte errechnet. Diese bildet einen wesentlichen Parameter für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen.

Baualterklasse	Heizwärmebedarf Ein-/Zweifamilienhäuser in kWh/m ²	Heizwärmebedarf Mehrfamilienhäuser in kWh/m ²
bis 1918	238	176
1919-1948	204	179
1949-1978	164	179
1979-1990	141	87
1991-2000	120	90
2001-Heute	90	90

Tab.1 Beispiel: Jahreswärmebedarf von Wohngebäuden nach Baualterklassen in der Verbandsgemeinde Lamsheim-Heßheim/Rheinland-Pfalz, Quelle: Gemeindeverwaltung Lamsheim, Integrierte Wärmenutzung, S. 29

Neben dem Wärmebedarf werden auch die benötigten Temperaturniveaus, Maximal- und Minimalleistung in der kalten und warmen Jahreszeit sowie saisonale und kurzfristige Schwankungen erhoben. Die benötigte Temperatur auf der Verbraucherseite fällt zum Teil extrem unterschiedlich aus: Sie reicht von nur 35° Celsius für Flächenheizungen bis zu 1.000° Celsius bei industrieller Prozesswärme. Auch auf Seiten der Wärmeerzeugung schwankt das Temperaturniveau. Solar- und Geothermie liefern in der Regel nur Niedertemperaturwärme bis zu 100° Celsius. Temperaturen über 1.000° Celsius werden dagegen nur von Feuerungsanlagen bereitgestellt.

Nachdem der Wärmebedarf ermittelt wurde, erfolgt auch eine Inventur der vorhandenen Infrastruktur und der Wärmeerzeugung. Die bestehenden Netze (Gas- und Wärmenetze) sowie zentrale und dezentrale Erzeugungsanlagen zur individuellen Wärmeversorgung werden erfasst. Die zentralen Erzeugungsanlagen werden nach Anlagentyp (z.B. BHKW oder Heizkraftwerk), nach Brennstoff (Biogas, Holz, Stroh etc.), Größe und Leistung sowie der jährlichen erzeugten Wärmemenge unterschieden. Dezentrale Anlagen unterteilen sich in Einzelraumfeuerstätten und Zentralheizungen (Holz-/Pelletheizungen, Gas- oder Ölheizkessel etc.), Wärmepumpen und Solarthermieanlagen.

Anschließend werden die im Gemeindegebiet vorhandenen Energiepotenziale analysiert, z.B. Energieholz aus Wald und Landschaftspflege, Stroh und andere landwirtschaftliche Reststoffe, Abwärme aus (Biogas-)BHKW bzw. Industriebetrieben, Solarwärme und Geothermie. Aus diesem Datenmaterial werden detaillierte Karten erstellt, die die Basis für die Konzeptentwicklung bilden.

Bei der Abschätzung des Biomassepotenzials wird zwischen biogenen Rohstoffen und biogenen Reststoffen (z.B. Ernterückstände, Landschaftspflegematerial) unterschieden. Biomasse steht aus der Forstwirtschaft, der Landwirtschaft und sonstiger Herkunft zur Verfügung. Es ist die nachhaltig nutzbare Holzmenge zu quantifizieren. Unter Berücksichtigung des Holz-/Biomassebedarfs in Bestandsanlagen können die für den Ausbau der Biomassenutzung verfügbaren Biomassemengen ermittelt werden. Daraus ergibt sich das Potenzial heimischer Biomasse zur Nutzung in Biomasse-Wärmenetzen.

	Waldfläche in ha	Gesamtpotenzial in MWh/a	Bereits genutztes Potenzial in MWh/a	Freies Potenzial in MWh/a
Untersuchungsgebiet	10.544	45.100	17.220	27.880
Biebesheim	60	200	90	110
Bischofsheim	16	100	20	80
Büttelborn	571	2.300	880	1.420
Gernsheim	952	3.800	1.470	2.330
Ginsheim-Gustavsburg	46	200	70	130

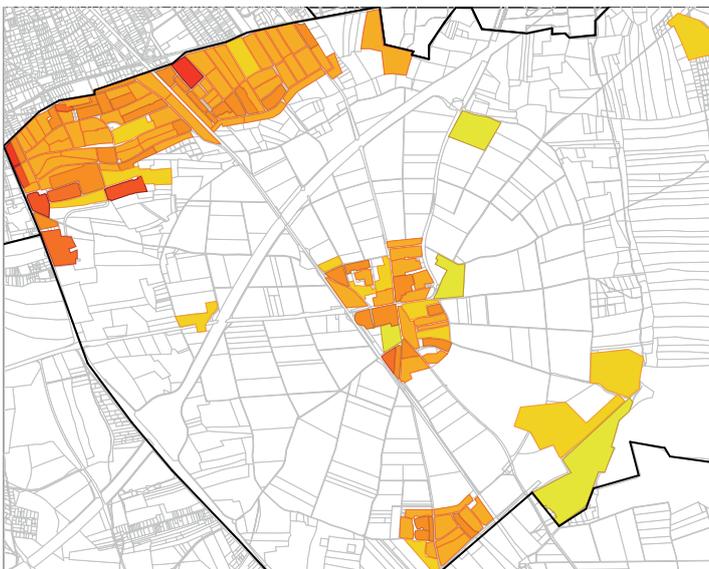
Groß-Gerau	1.347	5.400	2.080	3.320
Kelsterbach	576	2.300	890	1.410
Mörfelden-Walldorf	2.509	10.100	3.870	6.230
Nauheim	563	2.300	870	1.410
Riedstadt	781	3.200	1.200	2.000
Rüsselstadt	2.604	10.500	4.010	6.490
Stroockstadt	382	1.500	590	910
Trebur	137	600	210	390
	Waldfläche in ha	Gesamtpotenzial in MWh/a	Bereits genutztes Potenzial in MWh/a	Freies Potenzial in MWh/a

Tab.2 Beispiel: Energieholzpotenziale im Landkreis Groß-Gerau, Quelle: Groß-Gerau, Klimaschutzteilkonzept Wärme, S. 116

4.2 SCHRITT 2: KONZEPTENTWICKLUNG UND HANDLUNGSOPTIONEN

Zu Beginn der Konzeptentwicklung steht die Frage, wo die Wärmeversorgung über Wärmenetze bereitgestellt werden kann, und wo dezentrale Einzellösungen die wirtschaftlichere Option darstellen. Da der Bau eines Wärmenetzes mit hohen Investitionskosten verbunden ist, müssen Szenarien für die Zukunft erstellt werden, in denen demographische Entwicklungen, Sanierungsmaßnahmen und Bebauungsentwicklungen abgeschätzt werden. Die gegenwärtige und die zukünftig zu erwartende Wärmebedarfsdichte bilden den entscheidenden Anhaltspunkt, um für Wärmenetze geeignete Gebiete abzugrenzen. Ein ungefährender unterer Schwellenwert der geeigneten Wärmebedarfsdichte ist 150 Megawattstunden pro Hektar und Jahr³. Dabei handelt es sich aber nur um einen ersten Anhaltspunkt.

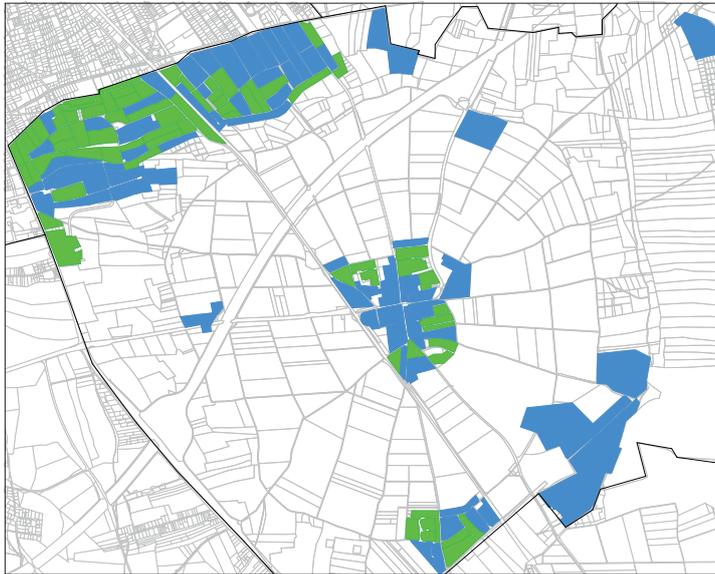
Wärmebedarfsdichte am Beispiel der Gemeinde Hohenbrunn/Bayern



gelb <150 MWh/ha*a – rot >900 MWh/ha*a,
Quelle: Technische Universität München, Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik

³ Bayerische Staatsregierung 2011.

Einteilung in für Wärmenetze geeignete (grün) und ungeeignete (blau) Gebiete am Beispiel der Gemeinde Hohenbrunn/Bayern



Quelle: Technische Universität München, Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik

Nachdem die Gebiete abgegrenzt sind, in denen Wärmenetze einerseits und ausschließlich dezentrale Konzepte andererseits in Frage kommen, muss die Kommune abklären, welche Optionen dafür offen stehen. Folgende Handlungsoptionen sind in der Regel anwendbar:

- Umstellung bestehender fossil gespeister Wärmenetze auf Erneuerbare Energien
- Erweiterung bestehender Wärmenetze
- Neubau von Wärmenetzen auf Basis Erneuerbarer Energien
- Umstellung dezentraler Wärmeversorgung auf Erneuerbare Energien

Darauf folgt eine tiefere Bewertung zu Wirtschaftlichkeitsrechnungen, Investitionsbedarfsrechnungen, Energiekosteneinsparungen, Wertschöpfungs- und Klimaschutzeffekten der wählbaren Optionen.

4.3 SCHRITT 3: ENTWURF EINES WÄRMEKONZEPTS UND DES KOMMUNALEN WÄRMEPLANS

Meistens stehen der Kommune verschiedene Optionen zur Verfügung. Bevor sich die Kommune auf eine Lösung festlegt, wird eine Priorisierung der Varianten vorgenommen, in erster Linie nach Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit und der CO₂-Einsparungen. Für die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen ist die Höhe des Grundlastanteils am Wärmebedarf von entscheidender Bedeutung. Die Grundlast kann sehr gut durch Biomasse und Solarthermie gedeckt werden.

Die Entscheidungsfindung wird auch von weiteren Faktoren beeinflusst: Umweltschutz, Naturschutz, regionale Wertschöpfung und Akzeptanz. Die entwickelten Konzepte, ausgewählten Alternativen und das Kartenmaterial werden mit den ihnen zugrunde liegenden Daten schließlich zu einem umfassenden Wärmeplan zusammengefasst und ein Maßnahmenkatalog erstellt.

4.4 SCHRITT 4: UMSETZUNG

An erster Stelle zur Umsetzung steht der Gemeinderatsbeschluss. Da ein Wärmeplan nicht rechtsverbindlich ist, muss er in die bestehenden Planungsinstrumente integriert werden: Bauleitplanung, Flächennutzungsplan, Bebauungsplan, Anschluss- und Benutzungszwang, städtebauliche und privatrechtliche Verträge.

Für den Bau und Betrieb von Wärmenetzen muss sich die örtliche Gemeinschaft für eines der möglichen Betreibermodelle entscheiden. Die Umsetzung einer Wärmestrategie in konkrete Maßnahmen ist mit erheblichen Investitionen verbunden. Die Kommune kann die Anlagen und Wärmenetze in Eigenverantwortung betreiben. Das tatsächliche Betriebsgeschäft kann ein Stadtwerk bzw. Gemeindewerk oder eine sonstige kommunale Betreibergesellschaft übernehmen. Eine andere Option ist die Gründung einer Energiegenossenschaft. Bei diesem Modell schließen sich Bürger der Gemeinde zusammen, organisieren und finanzieren gemeinsam die Umsetzung der Maßnahmen. Eine dritte Möglichkeit ist die Errichtung und der Betrieb durch einen privaten Vertragspartner (Contracting). Der Contractor plant, errichtet und betreibt die Anlagen und das Wärmenetz und refinanziert seine Investitionen über den Wärmepreis, den die Verbraucher an ihn entrichten.

4.5 AKTEURSBETEILIGUNG

Wie komplex die Wärmeversorgungsplanung ist, spiegelt sich auch in der Vielfalt der beteiligten Akteursgruppen wider. Neben der Einbindung der Bürger müssen auch Großverbraucher aus Industrie, Handel und Gewerbe, die Energieversorger, Kaminkehrer, Installateure, Ingenieure, Architekten, Umwelt- und Naturschutzverbände, Energieberater usw. eingebunden werden. Die vielfältigen Interessen auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen, ist dabei keine einfache Aufgabe. Aber mithilfe der Wärmeplanung können diese konstruktiv aufeinander abgestimmt werden und alle Akteursgruppen können ihre Ideen einbringen.

Die Akteursbeteiligung bildet keinen gesonderten Schritt innerhalb der oben genannten Maßnahmen, sondern sollte den Prozess der Wärmeplanung möglichst von Beginn an begleiten. Dies kann über die Bildung von Arbeitsgruppen, Befragungen, Bürgerforen, Workshops, Informationsveranstaltungen und Konferenzen erfolgen und durch kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit begleitet werden.

5 FUNKTIONSWEISE EINES BIOMASSE-WÄRMENETZES

Ein Wärmenetz versorgt mehrere Verbraucher mit Wärme über ein unterirdisches Leitungsnetz. Eines oder mehrere Heizwerke (ohne KWK) oder Heizkraftwerke (mit KWK) speisen heißes Wasser oder Dampf ins Netz ein. Begrifflich kann zwar zwischen Fern- und Nahwärme unterschieden werden, es gibt aber keine klare Abgrenzung in Bezug auf die Länge der Wärmenetze. Bei Fernwärme ist die Distanz zwischen Wärmequelle und Verbraucher größer und die Vorlauftemperatur und der Wasserdruck sind höher. In der Realität ist der Übergang in der Begrifflichkeit Nah-/Fernwärme fließend.

Viele Beispiele guter fachlicher Praxis gibt es von Wärmenetzen, deren angeschlossene Heiz(kraft)werke als Brennstoff Biogas oder Holzhackschnitzel bzw. –pellets einsetzen. Auch Stroh und Miscanthus (Riesen-Chinaschilf) werden als Brennstoffe verwertet. Gut ausgelegte Biomasse-Wärmenetze haben gegenüber kleinen, dezentralen Anlagen einen größeren Wirkungsgrad und geringere Wärmegestehungskosten. Für Grund-, Mittel- und Spitzenlast können passende Wärmeerzeuger gewählt werden, oftmals unter Einbeziehung eines BHKW für die Grundlast. Umweltschutzmaßnahmen wie der Einbau von Partikelfiltern sind in mittleren und großen Heizwerken wirtschaftlicher als in kleinen Anlagen. Das größte Hindernis, die hohen Investitionskosten, kann durch die Wahl des örtlich passenden Investoren- und Betreibermodells genommen werden. Wärmenetze sind dann wirtschaftlich zu errichten und zu betreiben, wenn sich zu Beginn genügend Anlieger an das Wärmenetz anschließen. Ein Rückgang in der Wärmeabnahme durch künftige Sanierungsmaßnahmen kann dann durch neue Wärmeabnehmer aufgefangen werden, die sich erst zu einem späteren Zeitpunkt für den Anschluss an das Wärmenetz entscheiden.⁴ Die Kosten für die Wärmenetzverlegung liegen nach Angaben des Centralen Agrar-Rohstoff Marketing- und Energienetzwerk (CARMEN) bei etwa 200 Euro pro Meter verlegter Wärmeleitung.⁵ Je nach den örtlichen Gegebenheiten, insbesondere in Städten, können die Kosten pro Meter verlegter Wärmeleitung auch deutlich höher ausfallen.

In Zukunft werden „offene“ Wärmenetze eine größere Rolle spielen, also leitungsgebundene Wärmelösungen, in die mehrere Erzeuger ihre Wärme einspeisen. Eine Wärmeversorgung auf Basis Erneuerbarer Energien kann dabei durch ein koordiniertes Zusammenspiel von Bioenergie mit anderen Erneuerbaren Energien realisiert werden und – soweit verfügbar – kann auch industrielle Abwärme eingebunden werden. Bisher wird die Wärme zumeist von einem einzigen Energieversorger erzeugt und über das Wärmenetz an die Verbraucher verteilt. Wärmenetze können aber auch mehreren Erzeugern offen stehen, ähnlich wie im Strombereich, wo die Betreiber von Biogas-, Photovoltaik- oder Windenergieanlagen ihren Strom ins öffentliche Netz einspeisen. Beispielsweise bietet es sich an, Holzhackschnitzel-Heizwerke oder –Heizkraftwerke mit großflächigen Solarthermieanlagen und Großwärmepumpen zu kombinieren.

Mehr als 90 Prozent der Solarthermieanlagen sind bisher auf den Dächern von privaten Wohngebäuden installiert. Die sinnvolle Einbindung großflächiger Solarthermieanlagen in Wärmenetze zeigen erste vorbildliche Beispiele: In der Stadt Crailsheim in Baden-Württemberg liefern Solarkollektoren mit einer Gesamtfläche von 7.500 Quadratmetern 50 Prozent der benötigten Wärme. In Verbindung mit großvolumigen Wärmespeichern und Wärmenetzen können Solarthermieanlagen deutlich höhere Deckungsbeiträge erzielen als in der gebäudeindividuellen Anwendung. Die Wärmegestehungskosten

⁴ FNR 2014.

⁵ CARMEN.

von großen Anlagen liegen gegenüber denen typischer Kleinanlagen auf Hausdächern auch deutlich niedriger. Erste Maßnahmen werden derzeit auch im Bereich Power-to-Heat umgesetzt. In Zukunft könnten in größerem Umfang Stromüberschüsse aus Windenergie und Photovoltaik mithilfe von Heizstäben und Warmwasserspeichern in Wärmenetze eingespeist werden. Ein Vorbild hierfür ist die Stadt Flensburg in Schleswig-Holstein: 98 Prozent der Einwohner sind an ein Fernwärmenetz angeschlossen, in das ein Elektrodenheizkessel integriert ist. Dieser erhitzt mit überschüssigem Windstrom das Wasser in einem Wärmespeicher mit einem Fassungsvermögen von 29 Mio. Liter.

Beispiel: Külz und Neukirch

Im Hunsrück in Rheinland-Pfalz versorgt ein Nahwärmenetz die Gemeinden Külz und Neukirch mit klimafreundlicher Wärme aus Biomasse und Solarthermie. Die Gemeinden zählen zusammen weniger als 800 Einwohner. Sie betreiben in der Energieversorgung ihre eigene Art von „Sektorenkopplung“. So investieren die Gemeinden die Einnahmen aus dem Betrieb ihrer 18 Windenergieanlagen auf den Gemeindeflächen direkt in die erneuerbare Wärmeversorgung. 4.000 Euro stellen sie ihren Bürgern für den Austausch des alten Öl- oder Gaskessels gegen den Anschluss an das Nahwärmenetz oder den Ersatz durch eine Wärmepumpe oder einen Pelletkessel als Zuschuss bereit. Der Anschluss an das Wärmenetz würde in etwa so viel kosten und ist dadurch für die Bürger kostenneutral. Das Wärmenetz wird aus einem Holzhackschnitzelheizwerk unterstützt und durch ein 1.400 Quadratmeter großes Solarkollektorfeld gespeist und spart Brennstoffe im Umfang von 100.000 Liter Heizöläquivalent ein. Der erneuerbare Deckungsgrad der gesamten Nahwärme liegt durch diese Kombination aus Biomasse und Solarthermie bei annähernd 100 Prozent. 142 Wärmekunden sind an das Netz angebunden, was eine Anschlussquote von über 80 Prozent bedeutet. Die Biomasse für das Heizwerk setzt sich aus Holz aus dem Gemeindewald, Heckenschnitt und aus Kurzumtriebsplantagen zusammen.

6 VORTEILE DES KOMMUNALEN WÄRMEPLANS

Die Erstellung und Umsetzung von kommunalen Wärmeplänen ist mit vielen Vorteilen verbunden. Diese reichen von den Beiträgen zu den nationalen Klimaschutzzielen und der Kopplung von Strom- und Wärmemarkt über regionale und lokale Wertschöpfung bis hin zu Gewinnen an Lebensqualität der Bürger/Hausbewohner. Dem Bau von Wärmenetzen sind aber auch Grenzen gesetzt. Mancherorts sind gebäudeindividuelle Heizsysteme die einzige technisch und/oder wirtschaftlich sinnvolle Lösung. Diese Möglichkeiten und Grenzen werden im Folgenden analysiert.

6.1 VORTEILE FÜR DIE KOMMUNE UND DIE BÜRGER

Lokale Wertschöpfung: Deutschland ist bei Kohle, Öl und Gas fast vollständig auf Importe angewiesen. Deshalb fließen die Energieausgaben größtenteils aus der örtlichen Gemeinschaft ab. Eine Wärmeplanung kann Möglichkeiten aufzeigen, wie die Wertschöpfung dem regionalen Wirtschaftskreislauf erhalten bleibt. So bleiben Ausgaben für Wärme aus Nahwärmenetzen, die aus Erneuerbaren Energien gespeist werden, vor Ort. Die Brennstoffe kommen dabei meist aus der Region (z.B. Holzhackschnitzel, Stroh oder Biogas).

Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien 2012 und 2030



*Prognose auf Basis des BMUB-Zubauszenarios „2011A“

Quelle: IÖW, Stand: 9/2014

Beispiel: Marktschorgast

In der fränkischen Gemeinde Marktschorgast realisierte das Ökostromunternehmen Naturstrom AG eine Nahwärmeversorgung für 75 Haushalte und zwölf kommunale Gebäude. Dafür wurden vier Kombi-Heizkessel für Pellets und Holzhackschnitzel mit einer Leistung von je 155 kW, ein BHKW mit einer thermischen Leistung von 12,5 kW und eine Solarthermieanlage mit einer Kollektorfläche von 270 m² kombiniert. Die Investitionen bleiben im Ort erhalten. Von den 2,7 Mio. Euro, die das Unternehmen Naturstrom investiert, fließen 2,2 Mio. Euro in Aufträge an Unternehmen aus der Region. Der Umstieg auf klimaschonende Nahwärme spart darüber hinaus ca. 270.000 Liter Heizöläquivalent und mehr als 700 Tonnen CO₂ pro Jahr ein.

Kostensenkung: Wärmenetze garantieren mit heimischer Biomasse und Solarenergie stabile Wärmegestehungskosten bzw. Wärmepreise. Industrielle Abwärme kann nutzbar gemacht werden und zusätzliche Einnahmen generieren. Kommunale Wärmepläne bieten einen systematischen Ansatz, um Energieeffizienz zu steigern, die Flächennutzungsplanung mit dem Wärmebedarf abzustimmen und durch Nutzung Erneuerbarer Energien einen wichtigen Klimaschutzbeitrag zu leisten.

Lebensqualität: Die eigene Heizungsanlage aufzugeben und gegen eine Wärmeübergabestation zu tauschen, stellt für viele Hauseigentümer eine psychologische Hürde dar. Im Gegenzug fallen damit aber auch der Aufwand und die Kosten für die Beschaffung von Brennstoffen und für die Brennstofflagerung sowie der regelmäßige Besuch des Schornsteinfegers weg. Da kein Heizkessel und kein Brennstofflager mehr nötig sind, spart der Anschluss viel Platz im Haus. Immer mehr Menschen legen auch auf eine nachhaltige Energieversorgung Wert. Klimaschonende Heizungssysteme bedeuten nicht nur Brennstoffkosteneinsparung, sie steigern auch den Wert einer Immobilie. Eine nachhaltige, umweltverträgliche Energieversorgung wird damit zu einem entscheidenden Standort- und Wohlfühlfaktor für die gesamte Kommune.

Gesundheit: Das Verbrennen fossiler Brennstoffe setzt nicht nur Treibhausgase frei, sondern auch andere Schadstoffe wie Quecksilber, Feinstaub oder Stickstoffoxide, welche zur lokalen Luftverschmutzung beitragen. Diese werden mitverantwortlich gemacht für Krankheitsbilder wie erhöhter Blutdruck und Asthma.

Umweltschutzeffekte: Abgasreinigungsanlagen sind bei großen Feuerungsanlagen wirtschaftlich vertretbar. So können nachwachsende Rohstoffe wie Stroh in mittleren und größeren Heizungsanlagen zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden, während sie in Kleinanlagen aufgrund der unverhältnismäßigen Kosten für die Rauchgasreinigung i.d.R. nicht nutzbar sind. Auch die Brennstoff-Logistik ist bei größeren Biomasseanlagen einfacher und wirtschaftlicher umzusetzen.

6.2 BEITRAG ZUR ENERGIEWENDE

Technologieoffenheit: Wärmenetze können für alle Erneuerbaren Energiequellen offenstehen: Biomasse, Solarthermie, Geothermie, Wärmepumpen sowie auch für bisher ungenutzte Abwärme. Mit vereinten Kräften können Erneuerbare Energien eine hundertprozentige Versorgungssicherheit gewährleisten. Wärmenetze ermöglichen durch die Einbindung von Wärmespeichern auch eine zeitliche Entkopplung von Wärmeangebot und -nachfrage.

Kopplung von Strom und Wärme: Stromüberschüsse können in großvolumige Wärmespeicher eingespeist werden, die mit einem Wärmenetz verbunden sind. Wärmenetze tragen so auch zur Systemstabilität im Stromsektor bei. Bioenergie-KWK-Anlagen können als Flexibilitätsreserve für die Stromversorgung dienen, indem sie dann Strom ins Netz einspeisen, wenn die Stromerzeugung aus Photovoltaik und Windenergie gering ist.

Wärmewende in Städten: Wärmenetze ermöglichen hohe Anteile Erneuerbarer Energien auch in hochverdichteten Siedlungsgebieten. Vom Stadtrand bzw. aus Gewerbegebieten wird die Wärme z.B. aus Holzheizwerken und Holzheizkraftwerken über Fernwärmeleitungen zu den städtischen Wärmeabnehmern geführt. Über den Anschluss ganzer Siedlungen an ein Wärmenetz lässt sich viel schneller eine große Zahl an veralteten Heizungsanlagen austauschen als über unkoordinierte Einzellösungen. Biogas und Biomethan bieten zudem die Option, Gas-BHKW oder Gasbrennwertkessel im Stadtgebiet zu betreiben und die Wärme nah am Verbraucher zu erzeugen.

Effizienter Brennstoffeinsatz: Die kombinierte Erzeugung von Wärme und Strom aus Biomasse (KWK) ist nur mit großen Heizkraftwerken möglich, die ein Wärmenetz versorgen. Im individuellen Gebrauch lässt sich feste Biomasse ausschließlich zur Wärmegewinnung nutzen. Eine kommunale Wärmeplanung eruiert, ob es für eine wirtschaftliche Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung auch im Sommer genügend Wärmeabnehmer gibt.

6.3 GRENZEN FÜR DIE ERRICHTUNG VON WÄRMENETZEN

Die größten Hindernisse beim Bau von Wärmenetzen sind die Wärmeverluste in den Leitungen und eine zu geringe Energiebedarfsdichte in den bebauten Gebieten. Wärmeverluste lassen sich aber reduzieren. Sie sind abhängig vom benötigten Temperaturniveau und von der Dämmung der Leitungsrohre. Das Temperaturniveau kann abgesenkt werden und es gibt effektive Dämmmaßnahmen an den Rohren.

Der Anschluss vieler Gebäude an ein Wärmenetz ist mit einem erheblichen Organisationsaufwand verbunden, der eine nicht immer einfache kollektive Entscheidungsfindung erfordert. Eine bestimmte Mindestzahl an Hausanschlüssen sollte vertraglich vereinbart sein, bevor mit einer Errichtung von Wärmenetzen begonnen wird. Vor allem ländliche Kommunen haben in einigen Regionen mit der demographischen Entwicklung zu kämpfen. Ein Rückgang der Einwohnerzahl kann Wärmenetze in Zukunft unrentabel machen, da sich mit abnehmender Einwohnerzahl auch die Energiebedarfsdichte verringert. Auch eine künftig zu erwartende Gebäudesanierung und Wärmedämmung reduziert die Energiebedarfsdichte und mindert so die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen. Neuanschlüsse können die Wärmedämmung aber überkompensieren.

7 FÖRDERMÖGLICHKEITEN FÜR KOMMUNEN

7.1 FÖRDERUNG FÜR WÄRMEPLÄNEN

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) fördert das Bundesumweltministerium Klimaschutzmaßnahmen in Kommunen. Die Förderung unter der Kommunalrichtlinie umfasst drei Säulen: Planung, Investitionen und Personal. Kommunen werden bei der Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten zur „Integrierten Wärmenutzung in Kommunen“ mit einem Zuschuss von bis zu 50 Prozent unterstützt. Finanzschwache Kommunen/Gemeinden erhalten eine erhöhte Förderquote von bis zu 95 Prozent. Die NKI soll eine Hebelfunktion beim Klimaschutz erfüllen, indem die Fördergelder ein Vielfaches an Investitionen der Kommunen in Klimaschutzmaßnahmen initiieren. Kommunen, die noch keine Erfahrung mit dem Einsatz klimafreundlicher Wärmetechnologien haben, können eine sogenannte „Einstiegsberatung für Kommunen“ beantragen. Sie erhalten dann von externen Beratern einen strukturierten Einstieg. Haben Kommunen bereits ein Klimaschutzteilkonzept Wärme erstellt, können sie diese Möglichkeit dennoch in Anspruch nehmen.

Zur Umsetzung des Konzepts fördert die NKI neu geschaffene Stellen für Klimaschutzmanager für eine Dauer von bis zu drei Jahren (mit der Möglichkeit einer Anschlussförderung von bis zu zwei Jahren). Mehr Informationen zur Förderung im Rahmen der NKI sind online unter <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/klimaschutzkonzepte> einsehbar.

7.2 FÖRDERUNG VON WÄRMENETZEN

Der Bau von Wärmenetzen wird über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und über die staatliche Förderbank des Bundes KfW gefördert. Als Voraussetzung für den BAFA-Zuschuss gilt, dass mindestens 60 Prozent der Wärme aus KWK-Anlagen stammen muss. Die Förderhöchstsumme beträgt maximal 20 Mio. Euro. Die KfW vergibt zinsgünstige Kredite für Investitionen in Wärmenetze, die zu mindestens 50 Prozent aus Erneuerbaren Energien gespeist werden. Die Förderhöhe beträgt 60 Euro pro Meter ohne Zusatzförderung durch das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG), der Höchstbetrag liegt bei 1 Mio. Euro. Mit Förderung durch das KWKG sind es noch 20 Euro pro Meter und der Höchstbetrag ist auf 300.000 Euro begrenzt. Mehr Informationen zur Förderung von Wärmenetzen sind unter <http://www.bafa.de/> (Rubrik: Energie / Kraft-Wärme-Kopplung / Wärme- und Kältenetze) und unter <https://www.kfw.de> (Förderprodukt 271: Erneuerbare Energien - Premium) abrufbar.

8 VORBILD DÄNEMARK

8.1 KOMMUNALE WÄRMEPLÄNE SIND PFLICHT

Der Vorreiter in Sachen kommunale Wärmeplanung und leitungsgebundene Wärmeversorgung ist das Land Dänemark. Eine Wärmeplanung ist hier seit 1979 für jede Kommune gesetzlich verpflichtend. Dadurch wollte das Land nach den Erfahrungen der Ölkrise in den 1970er Jahren unabhängiger von Erdölimporten werden. In einem ersten Schritt wurden die Kommunen verpflichtet, ihren Wärmebedarf und ihre eingesetzten Technologien in einem Bericht zusammenzufassen und alternative Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Diese Reporte wurden regional zusammengeführt. Im zweiten Schritt erstellten die Kommunen Zukunftsszenarien zum Wärmeverbrauch, welche wiederum in regionalen Wärmeplänen zusammengefasst wurden. Darin wurde aufgezeigt, welche Technologien wo zum Einsatz kommen sollten und wo die Anlagen und Leitungen gebaut werden müssten. Im Rahmen der regionalen Pläne erstellten die Kommunen die lokalen Wärmepläne mit konkreten Projekten zum Neu-, Um- oder Ausbau der Wärmeversorgungsstruktur. Ein wichtiges Element bilden Wärmespeicher. Dadurch können KWK-Anlagen ihre Wärmeerzeugung optimiert am Strombedarf ausrichten. Wenn die erneuerbare Stromerzeugung hoch ist, fahren die KWK-Anlagen ihre Produktion zurück. Wenn gerade wenig Wind weht und wenig Sonne scheint, steigern sie ihre Erzeugungsleistung.

Dänemark begriff Wärmenetze schon früh als Grundpfeiler eines effizienten und umweltfreundlichen Energiesystems. Das hat zu einem deutlichen Ausbau der Wärmenetze geführt. Geschlossene Ortschaften sind schon fast alle an ein Fernwärmenetz angeschlossen. Insgesamt liegt der Fernwärmeanteil am Endenergiebedarf im Königreich schon bei über 60 Prozent, in Deutschland im Gegensatz nur bei 14 Prozent. Bis 2050 sollen es in Dänemark sogar 80 Prozent werden. 68 Prozent der Fernwärme wird in KWK-Anlagen erzeugt. 40 Prozent des Wärmebedarfs in Dänemark stammen bereits aus Erneuerbaren Energien, in Fernwärmenetzen sind es bereits 50 Prozent (in Deutschland weniger als 10 Prozent). Bis 2035 sollen 100 Prozent der Fernwärme aus Erneuerbaren Energien stammen. Dafür stellte Dänemark schon früh die politischen Weichen. Kommunen müssen Vorranggebiete für Nah- und Fernwärme festlegen. 2013 wurden Öl- und Gasheizungen im Neubau verboten. Seit 2016 gilt ein Verbot des Austauschs alter fossiler Heizkessel gegen neue fossile Heizungen. Fossile Energieträger werden außerdem deutlich höher besteuert als in Deutschland. Die Wärmenetze sind überwiegend in der Hand von Genossenschaften. Somit sorgen die Wärmekunden selbst für den dynamischen Ausbau der Nah- und Fernwärmenetze.

Neben fossilen und biogenen KWK-Anlagen setzt Dänemark auch immer mehr auf große Solarthermieanlagen. Außerdem wird hier bereits überschüssiger Windstrom zur Wärmeerzeugung nutzbar gemacht. Dänemark gilt als ein weltweiter Vorreiter bei der Integration von Solarwärme in Fernwärmenetze. In den vergangenen Jahren wurden viele Anlagen mit über 1.000 Quadratmetern Fläche gebaut. Im Jahr 2015 waren Solaranlagen in dieser Größenordnung mit einer Gesamtfläche von 750.000 Quadratmetern installiert. In großen Dimensionen kann Solarthermie im Sommer sogar mit den Erdgaspreisen konkurrieren. Sie wird zudem wie Biomasse von der Energiesteuer befreit. Um die ausgiebige solare Wärme des Sommers auch im Winter nutzen zu können, wurden viele saisonale Speicher mit einem Fassungsvermögen von bis zu 120.000 Kubikmetern gebaut. Bis 2025 will Dänemark die solare Wärmeerzeugung gegenüber 2014 um den Faktor 9 erhöhen (auf 6.000 Petajoule bzw. 1.667 TWh).

8.2 DIE ROLLE DER BIOMASSE IN DÄNEMARK: WEG VON ÖL UND KOHLE HIN ZU HOLZ UND STROH

Biomasse spielt schon lange eine wichtige Rolle in der dänischen Wärmeversorgung. Schon angesichts der Ölkrise in den 1970ern rückte die einheimische Biomasse in den Fokus, was sich mit den aktuellen Energiezielen nochmal verstärkte. Bis 2050 will Dänemark komplett unabhängig von fossilen Energieträgern werden. Viele KWK-Anlagen in den großen Fernwärmenetzen wurden deshalb von fossilen Brennstoffen auf Biomasse umgerüstet und sollen weiter umgerüstet werden. Den größten Anteil haben daran Holzpellets, Holzhackschnitzel und Stroh. Seit 1993 werden zunehmend große Biomasse-KWK-Anlagen gebaut. Über 40 Prozent der Fernwärmeerzeugung stammte im Jahr 2014 aus Biomasse. Durch den hohen Einsatz von KWK ist auch der Anteil von Biomasse an der Stromerzeugung sehr hoch (2014: 11,9 Prozent). Der Einsatz von Biomasse ist von der Energiesteuer ausgenommen. Für die Stromerzeugung erhalten KWK-Anlagen eine Marktprämie von 2 Ct/kWh zusätzlich zum Marktpreis.

In Dänemark ist die kommunale Wärmeplanung also bereits gängige Praxis und liefert beeindruckende Ergebnisse. In Deutschland gibt es bei der Wärmeplanung bisher nur erste Ansätze. Im Folgenden werden zwei Beispiele vorgestellt, die über die Förderung der NKI Klimaschutzteilkonzepte zur Wärmenutzung erstellt haben.

9 BEISPIELE AUS DER PRAXIS

9.1 DAS KLIMASCHUTZTEILKONZEPT WÄRME DER KOMMUNE LAMBSHEIM-HESSHEIM (RHEINLAND-PFALZ)

Die Verbandsgemeinde Lamsheim-Heßheim liegt etwa zehn Kilometer westlich von Ludwigshafen und zählt rund 6.500 Einwohner. Sie verfügt über verhältnismäßig wenig landwirtschaftliche Fläche (20 Prozent) sowie über sehr wenig Waldfläche (13 Prozent). Zwei Drittel der Kommune besteht aus Siedlungsfläche. Dadurch sind die Möglichkeiten zum Einsatz von Biomasse zur Wärmeerzeugung begrenzt. Dennoch setzte sich die Kommune mit der Wärmeplanung das Ziel, Handlungsempfehlungen für den Ausbau des Wärmenetzes zu geben. Sie bietet ein anschauliches Beispiel, warum es sich auch für Kommunen ohne weitreichende Waldgebiete oder Landwirtschaftsflächen lohnt, eine Wärmeplanung aufzustellen und die Möglichkeiten des Ausbaus oder des Aufbaus von Biomasse-Wärmenetze auszuloten.

Bestandsaufnahme: Der Wärmeverbrauch lag 2012 bei 63.500 Megawattstunden (MWh) pro Jahr, 59.500 MWh gingen davon auf das Konto der privaten Haushalte. Nur zwei Prozent wurden über Erneuerbare Energien gedeckt. Somit lag die Gemeinde weit unter dem bundesweiten Durchschnitt von 10,4 Prozent im Jahr 2012. 74,4 Prozent des privaten Wärmebedarfs wurden mit Erdgas bereitgestellt, 23 Prozent mit Heizöl. Der CO₂-Ausstoß lag im Jahr 2011 bei 30.000 Tonnen. 75 Prozent der Gebäude sind Einfamilienhäuser, 18 Prozent Zweifamilienhäuser und nur sieben Prozent Mehrfamilienhäuser. Eine Analyse des Heizungsbestands ergab, dass 43 Prozent der Heizungsanlagen älter als 20 Jahre sind und deshalb ausgetauscht werden sollten.

Baualterklasse	Prozentualer Anteil	Wohngebäude nach Altersklassen	Davon Ein- und Zweifamilienhäuser	Davon Mehrfamilienhäuser
bis 1918	15,21	305	284	21
1919-1948	12,78	256	239	18
1949-1978	42,63	855	797	58
1979-1990	14,80	297	277	20
1991-2000	10,72	215	200	15
2001-Heute	3,86	77	72	5
Gesamt	100	2.006	1.869	137

Tab.3 Wohngebäudebestand nach Baualterklassen in der Verbandsgemeinde Lamsheim-Heßheim, Quelle: Gemeindeverwaltung Lamsheim, Integrierte Wärmenutzung, S. 29

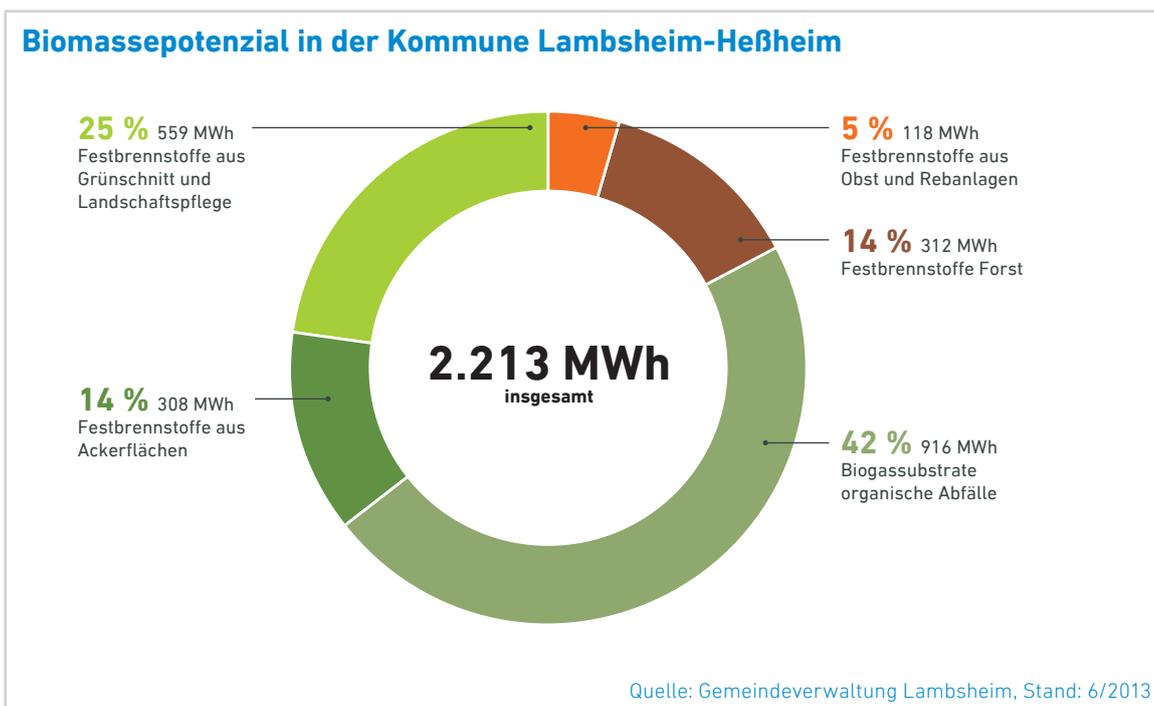
Wegen der hohen Abhängigkeit von fossilen Energieträgern fließen jedes Jahr 15 Mio. Euro für Energieausgaben aus der Gemeinde ab, davon 4 Mio. Euro für Wärme. Bereits 2011 war ein Wärmenetz in Betrieb genommen worden, das über zwei Holzhackschnitzelfeuerungsanlagen mit je 900 kW Leistung und ein Erdgas-BHKW mit 80 kW gespeist wird. Die Netzlänge betrug 2,5 Kilometer und versorgte 62 Gebäude mit einer Anschlussleistung von 3.550 kW.

	Private Haushalte in MWh/a	Industrie & GHD in MWh/a	Kreiseigene Liegenchaften in MWh/a	Summe in MWh/a
Heizöl	13.626	448	150	14.224
Erdgas	44.287	2.325	1.066	47.678
Kohle	274	0	0	274
Biomasse Festbrennstoffe	594	0	0	594
Solarthermie	233	0	0	233
Wärmepumpen	393	0	0	393
Summe	59.406	2.773	1.216	63.395

Tab.4 Wärmeverbrauch der Gemeinde Lambsheim nach Sektoren, Quelle: Gemeindeverwaltung Lambsheim, Integrierte Wärmenutzung, S. 97

Potenzialanalyse: Die Potenzialanalyse ergab, dass sich der Wärmebedarf der Verbandsgemeinde bis 2050 um 61 Prozent auf 28.000 MWh pro Jahr reduzieren ließe. Die Geothermie könnte im Jahr 2050 mit 56 Prozent den größten Beitrag leisten. Forstwirtschaftliche Brennstoffe könnten 16 Prozent und sonstige feste Biomasse 4 Prozent beitragen.

Das nachhaltige Potenzial von Waldenergieholz belaufe sich auf 310 MWh, von Stroh ebenfalls auf 310 MWh. Aus Biomasse aus Obst- und Rebplantagen ließen sich 120 MWh gewinnen. Aus der Landwirtschaft seien 425 MWh nutzbar, aus der Landschaftspflege (Straßen-, Wasser- und Schienenbegleitgrün) 150 MWh. Das größte Biomassepotenzial stellten die Siedlungsabfälle mit 1.500 MWh. Der Anbau von Energiepflanzen sei in der Gemeinde nicht möglich. Insgesamt ließen sich Biomassepotenziale in Höhe von 2.200 MWh heben, was 22.000 Litern Heizöl entspräche. Die Abfallverwertung ließe sich aber nur in Zusammenarbeit mit den Nachbargemeinden realisieren. So blieben für die Vor-Ort-Nutzung noch 1.300 MWh an Festbrennstoffen übrig. Damit könnte eine Heizleistung in Höhe von 300 bis 500 kW installiert werden.



Das Solarthermiefpotenzial belaufe sich auf 8.300 MWh bzw. 23.700 Quadratmeter Fläche. Bisher seien erst 670 Quadratmeter mit einem Jahresertrag von 230 MWh installiert.

Die Potenzialanalyse ergab schließlich, dass eine hundertprozentige autarke Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Wärme nicht möglich sei. Eine Restmenge müsse über Gas gedeckt werden. Diese könne aber in Zukunft über neue Energieträger, wie strombasierte erneuerbare Gase (Power-to-Gas), bereitgestellt werden. So könne der CO₂-Ausstoß aus der Wärmeversorgung bis 2050 um 95 Prozent bzw. 16.000 Tonnen pro Jahr reduziert werden. Die Wertschöpfungseffekte würden sich auf 14 Mio. Euro bis 2020 belaufen. Das Investitionsvolumen umfasse 9 Mio. Euro. Bis 2050 müssten 55 Mio. Euro investiert werden, die Wertschöpfung steige bis dahin auf 214 Mio. Euro.

Konzeptentwicklung: Zur Maßnahmenentwicklung und Bestimmung konkreter Projektmöglichkeiten für Wärmenetze wurde ein Wärmekataster entwickelt. Bereiche mit möglichst hoher Wärmebedarfsdichte und große Einzelverbraucher wurden identifiziert und für diese Bereiche mögliche Wärmenetze konzipiert. Schulen, Pflegeheime oder Verwaltungsgebäude dienen als Wärmesenken. Die Kommune geht in ihrem Wärmeplan von einer Mindestwärmebedarfsdichte von 600 Megawattstunden pro Hektar und Jahr aus, um die Wirtschaftlichkeit des Betriebs zu gewährleisten. Daraus ergab sich, dass sich 27.539 MWh des jährlichen Wärmebedarfs in Wohngebäuden (46 Prozent des Gesamtbedarfs) für den Anschluss an ein Wärmenetz eignen. Die kommunalen Liegenschaften kämen zu 85 Prozent für einen Wärmenetzanschluss in Frage. Außerdem wurden Kostenschätzungen und CO₂-Einsparmöglichkeiten ermittelt.

Maßnahmenentwicklung: Der Wärmeplan zeigt verschiedene mögliche Varianten der Wärmebereitstellung aus Wärmenetzen auf: 1. Ein Holzhackschnitzelheizwerk als Grundlastkraftwerk mit einem Erdgasspitzenlastkessel, ein Erdgas-BHKW, ein Biogas-BHKW und eine reine Hackschnitzelfeuerung mit groß dimensioniertem Pufferspeicher zur Deckung der Spitzenlast. Aus dem Wärmekataster leitete die Kommune acht potenzielle Wärmenetzmaßnahmen ab. Es wurde eine Anschlussquote von 60 Prozent zugrunde gelegt. Das Ergebnis: Die wirtschaftlich günstigste Variante sei die reine Holzhackschnitzelvariante. Diese Maßnahme würde auch die größten CO₂-Einsparungen mit sich bringen. Eine Hürde sei nur der enorme Platzbedarf für den Pufferspeicher. An zweiter Stelle folgt die Variante mit einem Holzhackschnitzelheizwerk plus Erdgas-Spitzenlastkessel mit Netzförderung. Das Biogas-BHKW wäre in Verbindung mit einem Holzhackschnitzelheizwerk sowie unter Berücksichtigung der Stromverkaufserlöse und der Netzförderung ebenfalls teilweise wirtschaftlich zu betreiben.⁶

Fazit: Die Gemeinde Lamsheim-Heßheim verfügt über keine günstigen Voraussetzungen für ein Biomasse-Wärmenetz. Sie ist ländlich strukturiert und es mangelt deshalb an industriellen Großverbrauchern als Wärmesenken. Zugleich fehlen aber auch große Waldgebiete und Landwirtschaftsflächen. Die erforderliche Wärmedichte für die für einen Wärmenetzanschluss in Frage kommenden Gebiete wurde zudem sehr hoch angesetzt. Dennoch erwies sich in der Potenzialanalyse ein Wärmenetz, das aus einem Holzhackschnitzelheizwerk gespeist wird, als wirtschaftlich attraktive Lösung.

6 Lamsheim 2013.

9.2 DAS KLIMASCHUTZTEILKONZEPT WÄRME DER KOMMUNE GROSS-GERAU (HESSEN)

Der hessische Landkreis Groß-Gerau mit rund 256.000 Einwohnern hat sich das Ziel gesetzt, den CO₂-Ausstoß bis 2030 um 50 Prozent gegenüber 1990 zu senken. Bis 2020 soll der Endenergieverbrauch zu 30 Prozent aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden. Langfristig sollen 100 Prozent aus regenerativen Quellen stammen. Bereits im Jahr 2009 hatte der Kreistag den Entschluss gefasst, den Wärmebedarf und den Ausbau der Erneuerbaren Energien in einem Wärmeatlas darzustellen. Im Anschluss daran erarbeitete der Landkreis einen Wärmeplan und im Jahr 2015 folgte eine Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Nahwärmeversorgung in kleinen und mittleren Kommunen im Landkreis. Die Kosten der Erstellung des Wärmekonzepts beliefen sich auf 110.000 Euro. 77.000 Euro übernahm der Bund im Rahmen der NKL. Zwölf der vierzehn Gemeinden im Landkreis schlossen sich zusammen, um auch die erforderlichen Daten bereitzustellen. Die Machbarkeitsstudie wurde vom Land Hessen finanziell unterstützt.

Bestandsaufnahme: Die fossilen Energieträger Erdgas und Erdöl machten im Jahr 2010 noch den größten Teil der Wärmeversorgung aus (52 bzw. 36 Prozent). Der Endenergieverbrauch in der Wärmeversorgung lag bei 2.242.000 MWh pro Jahr. Die CO₂-Emissionen waren mit 629.000 Tonnen pro Jahr entsprechend hoch. 66 Prozent der CO₂-Emissionen werden von den privaten Haushalten verursacht. Die Ausgaben für Wärme im Landkreis belaufen sich auf 90 Mio. Euro pro Jahr für Erdgas und 67 Mio. Euro für Heizöl. Bisher liegt der Anteil der Fernwärmeversorgung im Landkreis am Endenergieverbrauch zur Wärmeversorgung erst bei 1,5 Prozent. Es bestehe also ein hohes Ausbaupotenzial.

Potenzialanalyse: 32 Prozent des Endenergieverbrauchs könnten bis 2030 eingespart werden. Bis 2030 könnten 49 Prozent der CO₂-Emissionen eingespart werden.

62 Prozent des Holzpotenzials seien noch nicht ausgeschöpft. 27.880 MWh pro Jahr wären noch nutzbar. Hinzu kämen 19.310 MWh aus Kurzumtriebsplantagen und 18.800 MWh aus Stroh und 10.960 MWh aus Miscanthus. Die Summe ergäbe ein Potenzial von 89.800 MWh aus fester Biomasse. So könnten in Pelletkesseln und Hackschnitzelanlagen rund 76.000 MWh erzeugt werden. Das Biogas-Potenzial belaufe sich auf 60.300 MWh. Davon würden bereits 46 Prozent genutzt. Somit verfüge der Landkreis über ungenutztes Potenzial von 32.600 MWh.

Mit Solarthermie könnten im Landkreis 109.700 MWh pro Jahr mit einer Kollektorfläche von 313.300 Quadratmetern erzeugt werden, was sieben Prozent des Endenergieverbrauchs in der Wärmeversorgung entspricht. Auch für die Nutzung von Tiefengeothermie verfügt der Landkreis durch seine Lage am Oberrheingraben über gute Voraussetzungen.

Konzeptentwicklung: Das Wärmekonzept vergleicht vier verschiedene Varianten für ein mögliches Nahwärmenetz: Ein Erdgaskessel mit Heizölspitzenlastkessel, ein Holzhackschnitzelheizwerk mit Heizölspitzenlastkessel, ein Erdgaskessel mit Erdgasspitzenlastkessel und eine Tiefengeothermieanlage mit Erdölspitzenlastkessel. Am Beispiel der Gemeinde Gustavsburg im Landkreis Groß-Gerau zeigt sich, dass die Varianten mit Biomasse und Geothermie gegenüber der Erdgasvariante wirtschaftlich leicht im Vorteil sind, da die verbrauchsgebundenen Kosten niedriger sind.

	Erdgaskessel + Heizölkessel	Biomassekessel + Heizölkessel	Erdgas-BHKW + Erdgaskessel	Georestwärme + Heizölkessel
Investitionen	4.340.000 EUR	4.580.000 EUR	4.700.000 EUR	4.570.000 EUR
Kapitalkosten	271.000 EUR/a	288.000 EUR/a	318.000 EUR/a	290.000 EUR/a
Verbrauchskosten	763.000 EUR/a	487.000 EUR/a	965.000 EUR/a	512.000 EUR/a
Betriebskosten	4.000 EUR/a	7.000 EUR/a	33.000 EUR/a	8.000 EUR/a
Erlöse von KWK			-412.000 EUR/a	
Jahreskosten	1.038.000 EUR/a	782.000 EUR/a	904.000 EUR/a	810.000 EUR/a
Wärmegestehungskosten	9,5 Ct/kWh _{th}	7,2 Ct/kWh _{th}	8,3 Ct/kWh _{th}	7,4 Ct/kWh _{th}

Tab.5 Wirtschaftlichkeitsberechnung eines Wärmenetzes am Beispiel Gustavsburg / Landkreis Groß-Gerau, Quelle: Groß-Gerau, Klimaschutzteilkonzept Wärme, S. 176

Die Wärmeplanung fand unter einer frühzeitigen Akteursbeteiligung statt. Es wurde eine Projektgruppe aus Mitgliedern des Kreistags und Mitarbeitern des Landratsamtes gebildet. Ein Klimaschutznetzwerk band auch die Nachbarkommunen mit ein. Desweiteren fanden Workshops und Gesprächsrunden mit Unternehmen statt. Aus den verschiedenen Gremien und Veranstaltungen wurde schließlich der Maßnahmenkatalog entwickelt.

Machbarkeitsstudie einer Nahwärmeversorgung im Landkreis: Die Möglichkeit zum Aufbau von Wärmenetzen wird anhand von drei Beispielgemeinden aufgezeigt: In der Gemeinde Gustavsburg werden diesmal nur zwei Brennstoffvarianten verglichen: Ein Erdgas-BHKW und ein Holzhackschnitzel-Heizwerk. Es zeigte sich, dass die Investitionskosten und die Wärmepreise in einer ähnlichen Größenordnung liegen. Biomasse sei aufgrund der niedrigen Brennstoffkosten vor allem bei großen Netzlösungen günstiger als ein Erdgas-BHKW. Ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit sei die Anbindung eines Seniorenheims als Großabnehmer.

In manchen Gemeinden zeigte sich, dass Netzlösungen wegen der geringen Energiebedarfsdichte mit der Einzelversorgung wirtschaftlich nicht konkurrieren können. Neubaugebiete brächten Herausforderungen und Chancen zugleich mit. Der Wärmeverbrauch ist in Neubauten niedrig. Die Kosten für den Netzneubau sind hier aber niedriger, da die Leitungen in unbefestigtem Gelände verlegt werden können. Das benötigte Temperaturniveau ist niedriger als im Gebäudebestand, was der Nutzung von Geothermie Chancen eröffnet. Nahwärmelösungen erleichtern zudem die Einhaltung der ENEV-Vorschriften zum Primärenergiefaktor und die KfW-Fördervoraussetzungen. Sie bringen dadurch einen geldwerten Vorteil. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung zeigte, dass Wärmenetze mit Einzellösungen konkurrieren können. Voraussetzung sei eine hohe Anschlussquote.

Fazit: In ihren exemplarischen Berechnungen zeigt die Kommune auf, dass sich Wärmenetze auf Basis Erneuerbarer Energien nicht nur in städtisch-industriell geprägten Gebieten lohnen, sondern auch in ländlichen Regionen. Voraussetzung sei, dass die kommunalen Liegenschaften als große Wärmeabnehmer eingebunden werden. Die Vorbildfunktion der Kommune spiele also eine herausragende Rolle.

10 ZUSAMMENFASSUNG

Der Weg zum energiepolitischen Ziel der deutschen Bundesregierung eines treibhausgasneutralen Gebäudebestandes verläuft u.a. über die Kommunen. Die Städte, Gemeinden und Landkreise verfügen mit der Wärmeplanung über ein effektives Instrument, um die Wärmewende schneller und effizienter voranzutreiben. Sie können private Projekte anstoßen, ihre Planungsinstrumente an den ausgearbeiteten Inhalten eines Wärmekonzepts ausrichten, aber auch selbst aktiv an der Wärmeversorgung teilnehmen, indem sie selbst Erneuerbare-Energien-Anlagen und Wärmenetze aufbauen und betreiben; zusätzlich kommt ihnen die zentrale Rolle als Mediator und Vermittler zwischen den kaum vermeidbaren konfliktträchtigen Interessenkonstellationen zu. Kommunale Wärmepläne helfen dabei, unterschiedliche Interessen während des gesamten Prozesses auszutarieren. Aus Sicht der Bundes- und Landespolitik sind kommunale Wärmepläne interessant, da sich Ziele, Potenziale und Maßnahmen zu überregionalen Plänen zusammenfassen lassen.

Der Umbau der Wärmeversorgung hin zu Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz ist mit erheblichen Investitionen verbunden. Doch die Vorteile rechtfertigen den finanziellen und organisatorischen Aufwand. Die Nutzung heimischer Energieträger wie Holz, Stroh und anderer nachwachsender Rohstoffe sorgt dafür, dass die Energieausgaben nicht aus der Kommune ab-, sondern in den lokalen Wirtschaftskreislauf zurückfließen. Die Investitionen in neue Anlagen und Netze stärkt die lokale Wirtschaft mit neuen Arbeitsplätzen. Erneuerbare Energien halten die Wärmepreise stabil und machen sie langfristig kalkulierbar, im Gegensatz zu den unberechenbaren fossilen Energiepreisen. Eine zentrale Wärmeversorgung über Wärmenetze senkt gegenüber Einzelfeuerungsanlagen die Schadstoffemissionen und erhöht die Lebensqualität. Aber nicht nur die Bürger und Kommunen vor Ort profitieren von Wärmenetzen, sondern auch die Energiewende insgesamt. Nur in Wärmenetzen können alle Erneuerbare-Wärme-Technologien optimal aufeinander abgestimmt werden. Biomasse-Heiz(kraft)werke lassen sich mit Solarthermie, Wärmepumpen, Geothermie und anderen Technologien wie Power-to-Heat kombinieren.

Noch steht die kommunale Wärmeplanung in Deutschland erst am Anfang und es gibt noch kaum Beispiele von Kommunen, die eine wie oben skizzierte umfassende Wärmeplanung Schritt für Schritt bis zur erfolgreichen Umsetzung vollzogen haben. Dänemark ist hier schon viele Schritte voraus. Kommunale Wärmeplanung ist Pflicht, nicht Kür. Das schlägt sich schließlich in einem deutlich höheren Anteil der Fernwärme am Endenergieverbrauch sowie der Erneuerbaren Energien an der Fernwärmeversorgung nieder. Auch bei der Integration von Solarthermie in Wärmenetze und saisonale Wärmespeicher können sich deutsche Kommunen am Vorbild Dänemark orientieren.

11 LITERATUR UND WEITERFÜHRENDE LINKS

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT (U.A.): Leitfaden Energienutzungsplan. München, Februar 2011.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT: Merkblatt Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten. Berlin, September 2015.

C.A.R.M.E.N.: Nahwärmenetze und Bioenergieanlagen. Ein Beitrag zur effizienten Wärmenutzung und zum Klimaschutz.

DANISH ENERGY AGENCY: Regulation and planning of district heating. Dezember 2015.

DEUTSCHES BIOMASSEFORSCHUNGSZENTRUM: Wärmenetze für die Energiewende. Leipzig, Oktober 2014.

FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (HRSG.): Bioenergiedörfer. Leitfaden für eine praxisnahe Umsetzung. Gülzow-Prüzen, Juni 2014.

FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE: Leitfaden Feste Biobrennstoffe, Gülzow-Prüzen, Mai 2014.

FORSCHUNGSVERBUND ERNEUERBARE ENERGIEN (FVEE): Erneuerbare Energien im Wärmesektor – Aufgaben, Empfehlungen Perspektiven. Berlin, September 2015.

GEMEINDEVERWALTUNG LAMBSHEIM / INSTITUT FÜR ANGEWANDTES STOFFSTROMMANAGEMENT: Integriertes Klimaschutzkonzept und Teilkonzept Integrierte Wärmenutzung in Kommunen für die Gemeinde Lamsheim. Birkenfeld, Juni 2013.

HAMBURG INSTITUT: Fernwärme 3.0. Strategien für eine zukunftsorientierte Fernwärmepolitik. Hamburg, Februar 2015.

HEINRICH-BÖLL-STIFTUNG / INSTITUT FÜR ENERGIE UND UMWELTFORSCHUNG: Wärmewende in Kommunen. Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung. In: Schriften zur Ökologie. Band 41. 2015.

KLIMASCHUTZ- UND ENERGIEAGENTUR BADEN-WÜRTTEMBERG GMBH: Bedeutung von Wärmenetzen für die Energiewende. 2014.

KREIS GROSS-GERAU / INFRASTRUKTUR UND UMWELT, PROFESSOR BÖHM UND PARTNER: Modellprojekt im Kreis Groß-Gerau. Möglichkeiten einer innovativen, netzgebundenen Wärmeversorgung. Darmstadt, August 2013.

KREIS GROSS-GERAU / TRANSFERSTELLE BINGEN: Klimaschutzteilkonzept Integrierte Wärmenutzung. Groß-Gerau, Dezember 2012.

RADLOFF, RALF: Kommunale Wärmeplanung – Hintergrund, in: Wärmewende-Info 05, Februar 2014.

SCHLESWIG-HOLSTEIN. MINISTERIUM FÜR ENERGIEWENDE, LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND LÄNDLICHE RÄUME: Die Energiewende im Wärmesektor – Chance für Kommunen. Kiel, Februar 2014.

SCHLESWIG-HOLSTEIN. MINISTERIUM FÜR ENERGIEWENDE, LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND LÄNDLICHE RÄUME: Die kommunale Wärmeplanung. Kiel, Oktober 2014.

IMPRESSUM

Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

Invalidenstraße 91

10115 Berlin

Tel.: 030 200535 30

Fax: 030 200535 51

E-Mail: kontakt@unendlich-viel-energie.de

Aktuelle Informationsangebote finden Sie im Internet:

www.unendlich-viel-energie.de

www.kommunal-erneuerbar.de

www.foederal-erneuerbar.de

www.forschungsradar.de

www.kombikraftwerk.de

www.waermewechsel.de

