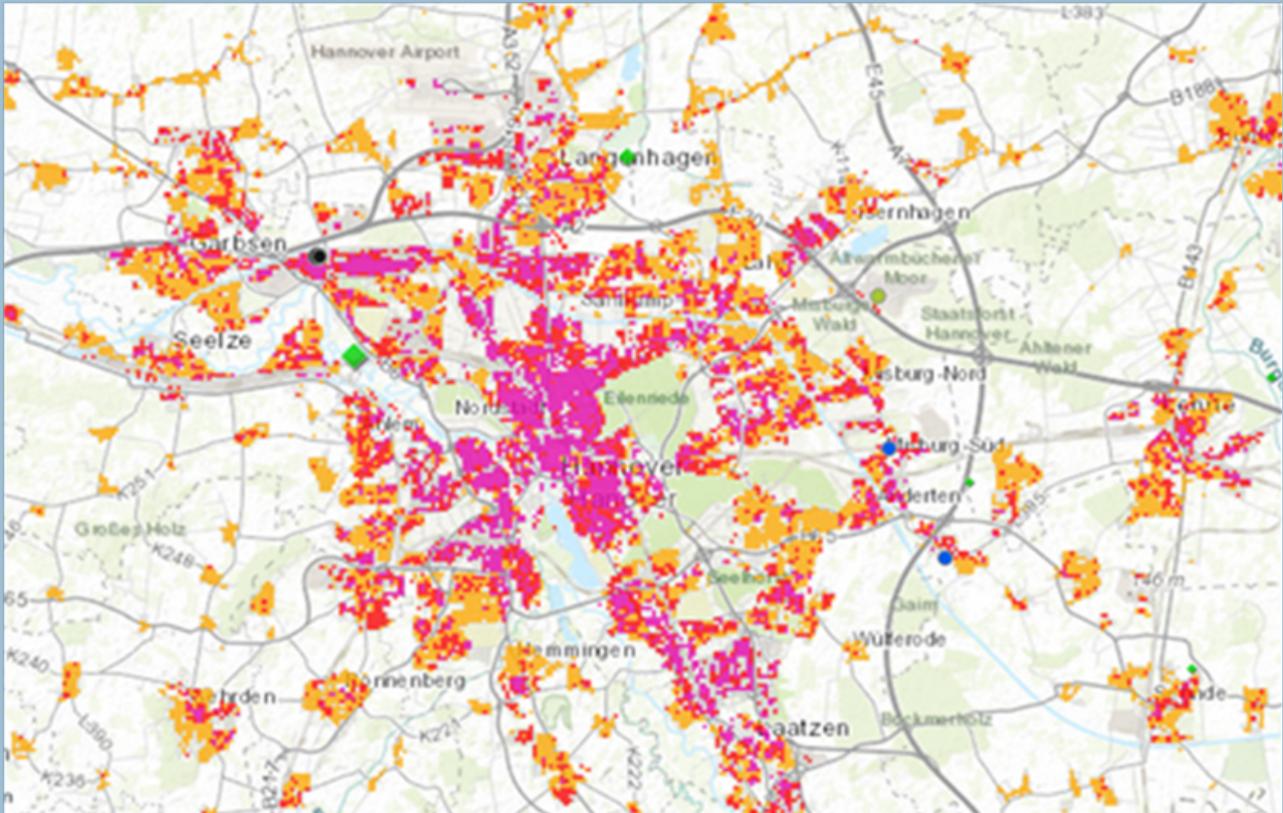




Borderstep Institut

ZEW



Wärmeplanung als Instrument der Wärmewende

Digitale Unterstützung als Schlüssel zur Verbreitung in der Verwaltung.
CliDiTrans Werkstattbericht

Jens Clausen | Matti Benne | Simon Hinterholzer

Impressum

Autoren / Autorinnen

Jens Clausen (Borderstep Institut) | clausen@borderstep.de

Matti Benne (Borderstep Institut) | benne@borderstep.de

Simon Hinterholzer (Borderstep Institut) | hinterholzer@borderstep.de

Projekt

Klimaschutzpotenziale der Digitalen Transformation: Mikro- und Makroökonomische Evidenz zur Rolle von Nachfrageeffekten und Produktionsverlagerungen beim Einsatz von IKT (CliDiTrans)

Konsortialführung

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH

Clayallee 323 | 14169 Berlin

Projektpartner

ZEW - Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim

Zweckverband Kommunale Datenverarbeitung Oldenburg (KDO) GmbH

Zitiervorschlag

Clausen, J., Benne, M. & Hinterholzer, S. (2021). Wärmeplanung als Instrument der Wärmewende. Digitale Unterstützung als Schlüssel zur Verbreitung in der Verwaltung. CliDiTrans Werkstattbericht. Berlin: Borderstep Institut.

Titelbild

Ausschnitt Hannover aus Pan-European Thermal Atlas (Heat Roadmap Europe, Europa Universität Flensburg & Högskolan Halmstad, 2018)

Zuwendungsgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung, Förderschwerpunkt „Ökonomie des Klimawandels“

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhaltsverzeichnis

Impressum.....	II
Inhaltsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	IV
1 Einleitung und Zusammenfassung.....	1
2 Kosteneffekte der Wärmeplanung in Dänemark.....	3
2.1 Wärmeplanung als Voraussetzung der nachhaltigen Wärmeversorgung.....	3
2.2 Kostengünstige Wärmenetze durch Wärmeplanung in Dänemark.....	5
2.3 Regulierung der Wärmeplanung in Dänemark.....	10
2.4 Bedeutung der Erkenntnisse für die Wärmeplanung in Deutschland.....	13
3 Regulierungen zur Wärmeplanung in Deutschland.....	15
3.1 Das Hamburgische Klimaschutzgesetz.....	15
3.2 Gesetz zur Weiterentwicklung des Klimaschutzes in Baden-Württemberg.....	17
4 Digitalisierung der kommunalen Wärmeplanung.....	19
4.1 Das Projekt Hotmaps.....	19
4.2 Der Pan-European Thermal Atlas als Cloud Ressource.....	21
4.3 Optische und Thermographie-Überfliegungen.....	23
4.4 Crowd-Sourcing von Wärmedaten.....	24
5 Erste Schritte zu kommunalen Wärmeplänen.....	26
5.1 Datenbestände und Datensammlung.....	26
5.2 Management der Wärmeplanung.....	27
5.3 Energieparks.....	31
5.4 Flächen für die große Solarthermie.....	32
5.5 Akteure der Wärmeplanung.....	35
6 Quellen.....	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wärmequellen in der Fernwärmeversorgung in Dänemark bis 2050	4
Abbildung 2: Effiziente Nutzung einer Abwärmequelle über Gemeindegrenzen hinweg	5
Abbildung 3: Heizkosten für ein typisches Eigenheim in Dänemark.....	6
Abbildung 4: Zusammenführung der nationalen Energiepolitik und der kommunalen Wärmeplanung in Dänemark.....	12
Abbildung 5: Pan-European Thermal Atlas, Ausschnitt Hannover incl. Abwärmequellen.....	22
Abbildung 6: Ausschnitt VW-Hallen der Interaktiven Karte der Überfliegung in Osnabrück	24
Abbildung 7: Beispiel eines markierten Ortes auf Open Street Map.....	25
Abbildung 8: Stufen der Wärmeplanung nach VKU	29
Abbildung 9: Anteil von Mehrfamilienhäusern mit 13 oder mehr Wohnungen in Hannover	30
Abbildung 10: Gesamtkonzept „Energiepark Hafen“ Hamburg.....	31
Abbildung 11: Zusammenhang der Kosten pro Meter Wärmeleitung und der Wärmetransportkapazität	32
Abbildung 12: Mögliche Solarthermieflächen am Beispiel der Abraumhalde Empelde.....	33
Abbildung 13: Mögliche Solarthermieflächen am Beispiel der Deponie Lahe.....	34
Abbildung 14: Mögliche Solarthermieflächen neben der Startbahn Nord des Flughafens Langenhagen	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der Wärmepreise in Wärmenetzen nach verschiedenen Variablen	8
Tabelle 2: Mögliche Datenbestände und Datenquellen für die Wärmeplanung	26

1 Einleitung und Zusammenfassung

Die kommunale Wärmeplanung wird zunehmend in der Energiepolitik als zentrales Instrument wahrgenommen. In Hamburg und Baden-Württemberg ist sie schon gesetzlich vorgeschrieben, in Schleswig-Holstein ist ein Gesetz in Vorbereitung. Was aber versteckt sich hinter dem Begriff? Eine treffende Charakterisierung der kommunalen Wärmeplanung findet sich beim Verband kommunaler Unternehmen (VKU, 2018, S. 27):

„Die Wärmewende ist kleinteilig, weil sie die speziellen örtlichen Verhältnisse berücksichtigen muss. Zugleich muss das große Ganze im Blick bleiben. Und es müssen aufgrund der Langlebigkeit der Technologien „Lock-in“-Effekte vermieden werden. Der holistische Ansatz der kommunalen Wärmeplanung adressiert diese Herausforderungen. Er zeigt auf die Kommune zugeschnittene Pfade in eine kosteneffiziente, versorgungssichere und klimafreundliche Zukunft der Wärmeversorgung auf.“

Die kartografischen Informationen in den Wärmeplänen sind die Grundlage für die Planung von Änderungen oder Erweiterungen der bestehenden Energieinfrastruktur. Auf Basis des Wärmeplans genehmigt die Verwaltung geplante Änderungen des Erdgas- oder Fernwärmenetzes oder lehnt sie ab. Auf Basis der Wärmepläne können Kommunen eine Anschluss- und Benutzungspflicht an das Fernwärmenetz verfügen, wie sie auch nach dem neuen Gebäudeenergiegesetz möglich ist (Die Bundesregierung, 2020). Ein kommunaler Wärmeplan könnte, wie Bebauungs- und Flächennutzungspläne bzw. mit diesen zusammen, die Planungsgrundlage für eine klimaorientierte Stadtentwicklung werden. Aber erst gegenwärtig kommt die Wärmeplanung in den Planungsämtern und bei den Kommunalpolitikerinnen und Kommunalpolitikern als wesentliche Aufgabe der Kommune nach und nach an. Zwar taucht das Stichwort Wärmeplanung seit Jahren immer wieder auf, z.B. in der Broschüre kommunale Wärmeplanung des Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (2014), aber in vielen Publikationen wird das Thema nur angerissen und als Aufgabe beschrieben, ohne dass die Vorteile des Instruments systematisch dargestellt würden oder die Frage, woher die Daten kommen könnten und welche Software helfen könnte, die Aufgabe zu bewältigen, überhaupt erwähnt wird. Als vielversprechende Arbeitshilfe dürfte sich der Handlungsleitfaden „Kommunale Wärmeplanung“ des Landes Baden-Württemberg erweisen (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2021). Der Leitfaden informiert detailliert über die Inhalte des kommunalen Wärmeplans, das Vorgehen zur Ausarbeitung der kommunalen Wärmewendestrategie sowie die Integration des kommunalen Wärmeplans in die Stadtentwicklung.

Wichtig ist, die kommunale Wärmeplanung von anderen, unverbindlichen Plänen, Szenarien und Zielsetzungen abzugrenzen. In Schweizer Kommunen werden in Energieplänen z.B. nicht nur Wärmebedarf und Wärmepotenziale dokumentiert, sondern auch Projektionen erstellt, wie die Transformation hin zur Versorgung mit erneuerbarer Wärme vorangetrieben werden kann (Stadt Aarau, 2013; Stadt Winterthur, 2013). Wie zahlreiche Klimaschutzpläne von Kommunen in Deutschland, z.B. der

Masterplan 100% Klimaschutz von Stadt und Region Hannover (Landeshauptstadt Hannover, Region Hannover, 2014) sind diese Dokumente aber eher ein unverbindliches Planungsdokument und keine geografische Kartierungsgrundlage.

Die hier vorliegende Kurzstudie fokussiert zwei Thematiken, die den Baden-Württembergischen Handlungsleitfaden ergänzen: Zum einen stellt sie am Beispiel Dänemark den sozioökonomischen Nutzen der Wärmeplanung vertieft dar, zum anderen wirft sie einen Blick auf die Digitalisierung, die auch die kommunale Wärmeplanung unterstützen und damit weniger aufwendig und schneller machen kann.

Das Projekt „Klimaschutzpotenziale der digitalen Transformation (CliDiTRans)“ hat sich zum Ziel gesetzt, die unterstützende Wirkung der Digitalisierung auf die Diffusion neuer Produkte und Dienstleistungen zu untersuchen. Neben zwei materiellen Produkten, Elektroautos und die Technik des seriellen Sanierens, wird im Rahmen des Projektes auch ein immaterielles Produkt fokussiert: Die kommunale Wärmeplanung. Nach einer kurzen Einleitung in Kapitel 1 wird in Kapitel 2 am Beispiel Dänemark ein Blick auf die Eignung der kommunalen Wärmeplanung geworfen, die Wärmeversorgung in Kommunen im Gemeinschaftsinteresse mit Blick auf ein sozioökonomisches Optimum hin zu entwickeln und dabei neben einer 100 % regenerativen Energieversorgung immer die Wärmekosten für die Bürgerinnen und Bürgern im Blick zu behalten. Kapitel 3 stellt die ersten gesetzlichen Vorschriften zur kommunalen Wärmeplanung in Deutschland vor. Kapitel 4 beschreibt den Stand der Softwareangebote und des Einsatzes digitaler Technologien, die die Wärmeplanung unterstützen können. Kapitel 5 gibt Hinweise zum Management der kommunalen Wärmeplanung.

Einige Kernergebnisse der Kurzstudie sind:

- Die jahrzehntelange Anwendung der kommunalen Wärmeplanung in Dänemark zeigt deutlich ihre Bedeutung für eine nicht nur kostengünstige, sondern auch umweltfreundliche Wärmeversorgung. Das Beispiel Dänemark zeigt, dass die kommunale Wärmeplanung sowohl ökonomisch wie auch ökologisch nicht nur sinnvoll, sondern auch unbedingt erforderlich ist.
- Die Wärmeplanung ist eine kommunale Aufgabe, zu der die Stadtplanung und -entwicklung, die Fachgebiete Klimaschutz und Energie, das kommunale Energiemanagement und die Stadtwerke und Eigenbetriebe kooperativ beitragen können.
- Für die Wärmeplanung gibt es zahlreiche Datenquellen, aber auch innovative Methoden der Datengewinnung und Softwarelösungen. Mit Hotmaps gibt es z.B. eine Open Source (und damit für Kommunen finanzierbare) Planungssoftware. Als damit zusammenhängende Datenquelle steht der Pan European Thermal Atlas zur Verfügung.
- Um diese Softwareressourcen und Datenquellen im Detail regional nutzbar zu machen und sie mit üblichen Planungssoftwarelösungen zu verknüpfen, ist die Unterstützung durch IT-Spezialisten hilfreich, wenn nicht sogar erforderlich. Es erscheint daher pragmatisch, die Wärmeplanung bei den IT- und Softwaredienstleistern der öffentlichen Hand als Cloud Ressource zur Verfügung zu stellen. Hier könnte auch die Datenübernahme aus kommunalen GIS-Datenbeständen und die Verknüpfung mit Planungstools zentral und damit effizient organisiert werden.

2 Kosteneffekte der Wärmeplanung in Dänemark

2.1 Wärmeplanung als Voraussetzung der nachhaltigen Wärmeversorgung

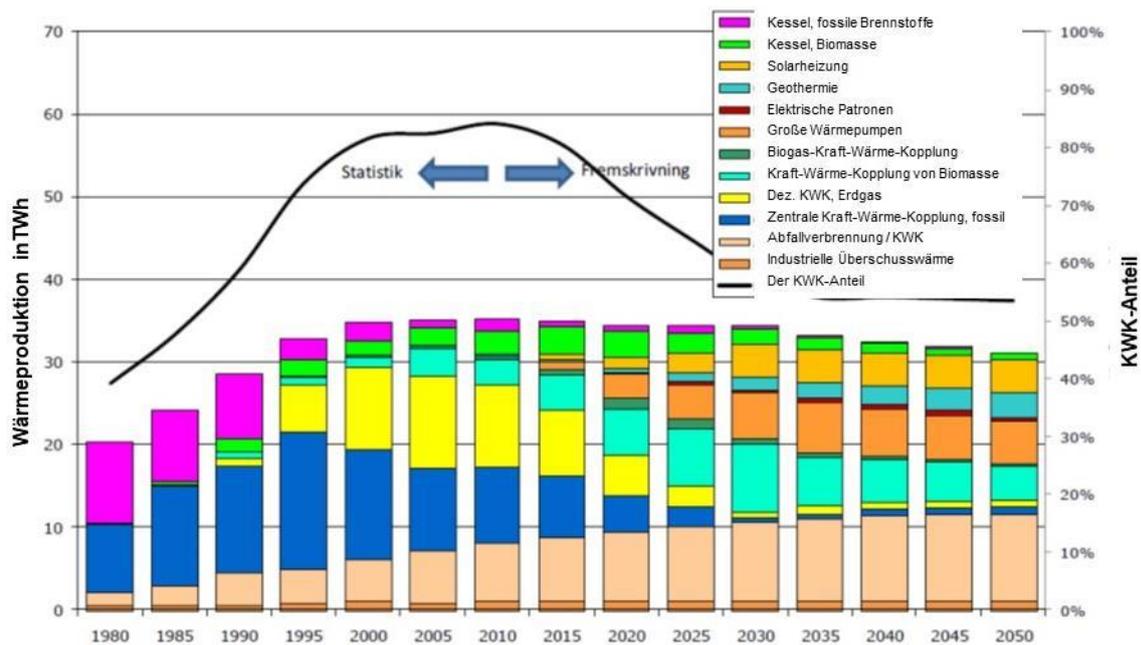
Kommunale Wärmepläne dienen dazu, Art und Wärmebedarf von Gebäuden, nutzbare Wärmeresourcen, die Lage von Versorgungsnetzen und anderes mehr zu kartieren und so der Planung zugänglich zu machen. Dies ist insoweit nützlich, als Wärme nicht über große Strecken transportabel ist und daher sowohl der Wärmeverbrauch als auch Wärmequellen ortsgebunden sind. In Dänemark sind Wärmepläne das Instrument, um eine Bewertung der am besten geeigneten und kosteneffizientesten Wärmeversorgungsoption zu entwickeln (Chittum & Østergaard, 2014, S. 466). Die durch die Wärmepläne erzielte Transparenz von Informationen ist in Dänemark wichtig für das Vertrauen in die letztlich monopolartige Fernwärmeversorgung. Konkret dient die kommunale Wärmeplanung in Dänemark (Chittum & Østergaard, 2014, S. 467) der:

- Ermittlung und Kartierung des bestehenden und zukünftigen Wärmebedarfs von Gebäuden,
- Ermittlung und Kartierung der verfügbaren Wärmeressourcen,
- Ermittlung des sozioökonomischen Nutzens und der minimalen Kosten der Wärmeversorgung.

Der zentrale Klimaschutzvorteil der Fernwärmeversorgung ist es, eine Vielzahl unterschiedlicher erneuerbarer Energien für die Wärmeversorgung nutzbar zu machen. Wärmepotenziale aus der tiefen Geothermie, der großen Solarthermie oder aus der Verbrennung von Abfall, Klärschlamm oder Waldrestholz sind für die Beheizung einzelner Gebäude ungeeignet. In Wärmenetzen aber können sie genutzt und auf viele Gebäude verteilt werden. Auch die Nutzung von Abwärme aus industriellen Prozessen erfordert im Regelfall ein Wärmenetz. Auf gesellschaftlicher Ebene ist die Nichtnutzung solcher Potenziale Verschwendung (Chittum & Østergaard, 2014, S. 466).

Ein Team an der Universität Aalborg hat 2010 ein Szenario einer möglichst nachhaltigen Wärmege-
winnung für dänische Fernwärmenetze erarbeitet (Aalborg University, 2010, S. 10). Das Szenario geht von einem fast völligen Verschwinden der fossilen KWK bis 2030 aus. Bei einem insgesamt nur sehr langsam sinkenden Wärmebedarf wächst der Einsatz von Biomasse bis 2030 und geht danach ebenfalls deutlich zurück. In 2050 sind die wichtigsten Wärmequellen dann die Abwärme aus der Abfallverbrennung, große Wärmepumpen, Biomasse, Solarthermie und Geothermie.

Abbildung 1: Wärmequellen in der Fernwärmeversorgung in Dänemark bis 2050

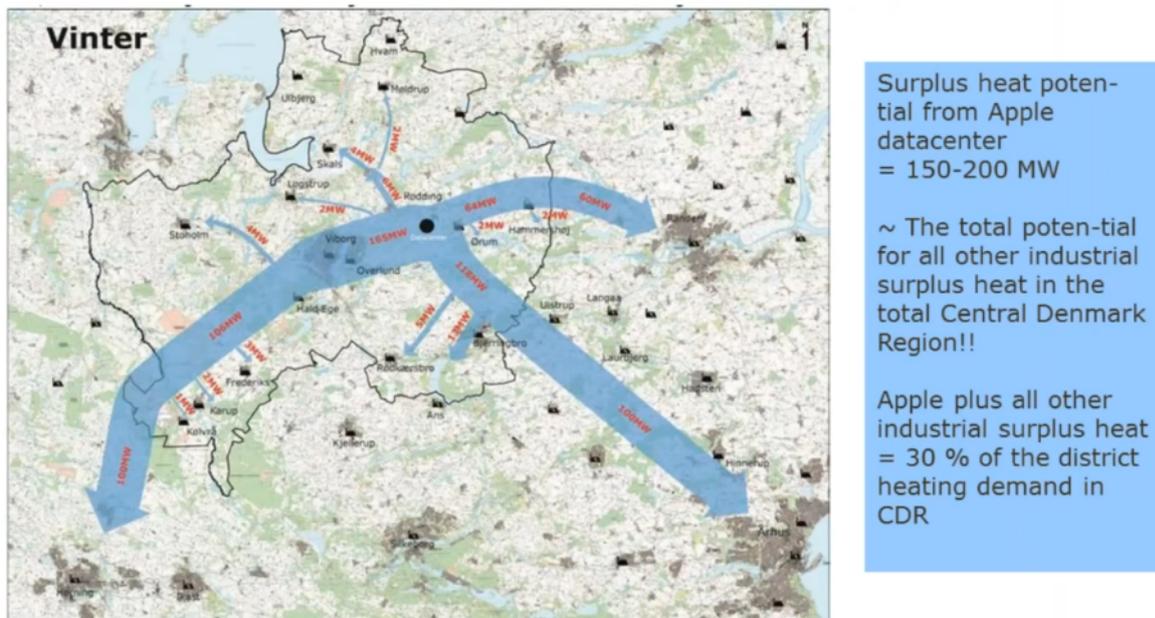


Quelle: Aalborg University (Aalborg University, 2010, S. 10).

Den fünf in diesem 2050-Szenario dominierenden Wärmequellen ist gemeinsam, dass ihre Wärme-
produktion nur über Fernwärmnetze verteilt werden kann und dass mit Ausnahme von Biomasse vier
dieser Quellen Gegenstand der Raumplanung sein müssen. Die Orte, an denen ein großes Potenzial
an Umweltwärme für Großwärmepumpen zur Verfügung steht, an denen es Flächen zur großskaligen
Gewinnung solarer Wärme gibt und an denen aussichtsreich nach Geothermie gebohrt werden kann,
sind nicht frei wählbar und müssen ggf. langfristig in der Stadt- und Raumplanung vorgesehen wer-
den. Orte, an denen Abfallverbrennungsanlagen oder Biomasse-KWK gebaut werden können, sind
zwar nicht geologisch vorherbestimmt, müssen aber ebenso langfristiger Gegenstand der Stadtpla-
nung sein.

In bestimmten Fällen wie den großen Abwärmemengen, die aus dem neuen Apple Rechenzentrum in
Viborg zu erwarten sind, kann auch eine Wärmenutzungsplanung über Gemeindegrenzen hinweg
ökologisch wie ökonomisch sinnvoll sein (Langbak Hansen, 2017).

Abbildung 2: Effiziente Nutzung einer Abwärmequelle über Gemeindegrenzen hinweg



Quelle: Langbak Hansen (2017)

Eine Analyse der Universität Aalborg zeigt, dass Einsparungen an Primärenergie durch den Anschluss an Fernwärmenetze möglich sind (Aalborg University, 2010, S. 4). Diese reichen sogar so weit, dass eine nationale Strategie zur kommunalen Wärmeversorgung den landesweiten Ausstoß von CO₂-Emissionen um 20% gesenkt hat, nur indem die Wärmeversorgung durch Fernwärme realisiert wurde (Chittum & Østergaard, 2014, S. 466).

Im Gegensatz zur quasi universellen Verfügbarkeit von Gasleitungen und Tankwagen mit Heizöl steuert die nachhaltige Stadt der Zukunft auf eine Versorgung mit Wärme zu, die nur funktionieren kann, wenn sie tief in der Stadtplanung verankert wird.

2.2 Kostengünstige Wärmenetze durch Wärmeplanung in Dänemark

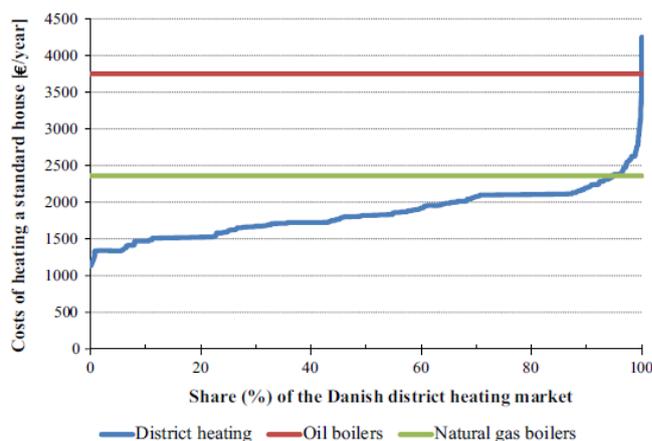
Als Einführung in die Frage der Wärmekosten in Dänemark ist zunächst ein kurzer Vergleich der Kosten für Heizöl, Erdgas und Fernwärme zwischen Dänemark und Deutschland erforderlich. Zwischen 2007 und 2018 schwankte der Erdgaspreis für Haushalte inklusive aller Steuern und Abgaben in Dänemark zwischen 8,51 Cent/kWh und 10,20 Cent/kWh und lag im zweiten Halbjahr 2018 bei 9,03 Cent/kWh. Steuern und Abgaben machen hiervon ca. 5 Cent/kWh aus (Eurostat, 2019). Zum Vergleich: In Deutschland schwankte der Erdgaspreis in derselben Zeit zwischen 5,71 Cent/kWh und 6,89 Cent/kWh und lag im zweiten Halbjahr 2018 bei 6,08 Cent/kWh. Im Durchschnitt lag der Preis in Dänemark also 3 Cent/kWh höher als in Deutschland, was direkt auf höhere Steuern und Abgaben zurückzuführen ist (Eurostat, 2019). Ein Vergleich der Heizölpreise liegt für das Jahr 2014 vor. In

Deutschland betrug er ca. 75 Cent/l, in Dänemark ca. 1,46 €/l¹. Wenn also im Folgenden Relationen zwischen dem Heizen mit Heizöl, Erdgas und Fernwärme für Dänemark angegeben werden ist zu beachten, dass die Vergleichbarkeit mit Deutschland aufgrund der sehr unterschiedlichen Besteuerung nicht gegeben ist. Mit Blick auf die Zukunft ist aber durch die seit Anfang 2021 gültige CO₂-Abgabe auch in Deutschland mit steigenden Preisen für Heizöl und Erdgas zu rechnen.

Der durchschnittliche in Dänemark gezahlte Wärmepreis für Haushalte lag 2015 bei 8 Cent/kWh und damit 0,6 Cent oder 8% höher als in Deutschland. Zu berücksichtigen ist dabei aber auch, dass das durchschnittliche Haushaltseinkommen in Dänemark 34% höher war als in Deutschland (Forum Energie, Agora Energiewende & DBDH, 2018, S. 31). Relativ zum Haushaltseinkommen ist mit Blick auf diese Zahlen die Wärmeversorgung für die Haushalte in Dänemark sogar preiswerter einzuschätzen als in Deutschland.

Durch die hohen Steuern und Abgaben auf fossile Energie in Dänemark wird erfolgreich erreicht, dass für fast alle Haushalte in Dänemark das Heizen mit Fernwärme preislich sehr attraktiv ist. Dennoch zeigt die Abbildung von Chittum und Østergaard (2014, S. 471), dass die Kosten für das Heizen eines typischen Eigenheims mit Fernwärme deutlich unterschiedlich sind und zwischen etwa 1.400 € und 2.300 € im Jahr schwanken. Gründe hierfür können sowohl in der technischen Effizienz der Netze, in den Kosten der eingesetzten Energiequellen wie auch im Geschäftsmodell der unterschiedlichen Fernwärmeanbieter in Dänemark liegen.

Abbildung 3: Heizkosten für ein typisches Eigenheim in Dänemark



Quelle: Chittum und Østergaard (2014, S. 471) basierend auf Daten von 363 Fernwärmeanbietern

So ist beispielhaft leicht vorstellbar, dass bei der Verteilung von Wärme durch ein Wärmenetz umso weniger Wärme verloren geht, je kürzer die Leitung zu den versorgten Gebäuden ist. Im Fall einer hohen Anschlussquote an das Wärmenetz, wenn also ein hoher Prozentsatz aller Gebäude an das Netz angeschlossen ist, ist daher eine sehr effiziente und kostengünstige Wärmeversorgung möglich

¹ Vgl. <http://www.energycomment.de/heizoelpreise-in-europa/> vom 25.4.2019.

(Sandberg, 2004). Bei steigender Urbanisierung mit einer bezogen auf die Fläche hohen Wärmeabnahme nimmt daher die Effizienz der Fernwärmeversorgung tendenziell zu, während bei schwacher Urbanisierung und einem auf die Fläche bezogen geringen Wärmebedarf die Fernwärmeversorgung nicht so effizient sein kann (Danish Energy Agency, 2012, S. 43). Da der Betrieb des Netzes im Wesentlichen Fixkosten aufweist, sinken die Kosten pro Anschluss bzw. pro kWh gelieferter Wärme, wenn eine hohe Menge an Wärme in das Netz eingespeist und einer möglichst großen Anzahl an Abnehmenden durch ein kompaktes Netz zugeführt wird. Die Menge an Abnehmenden wird dabei durch die Anzahl an Haushalten begrenzt, die auf einer Fläche entstehen können. All diese Haushalte können an das Fernwärmenetz angeschlossen werden (Danish Energy Agency, 2012, S. 43).

Damit sich zahlreiche Haushalte an die Wärmenetze anschließen, können innerhalb ausgewiesener Fernwärmegebiet-Kommunen in Dänemark eine Anschlusspflicht an das Fernwärmenetz verfügen, um die Systemeffizienz zu maximieren (International Energy Agency (IEA), 2014). Durch den obligatorischen Anschluss an das Fernwärmenetz wurde erreicht, dass 2014 nur noch etwa 650.000 der 2,7 Millionen dänischen Haushalte über eine individuelle Wärmeversorgung verfügen (International Energy Agency (IEA), 2014). Eine Anschlusspflicht kann als nichtmonetäre Subvention der Fernwärme verstanden werden.

Sinkende Preise sind zu erwarten, wenn der verpflichtende Anschluss zu Skaleneffekten und einer breiten Abnehmerschaft führt. Diese Preise sind dann entsprechend langfristig stabil und niedrig, da äußere Einflüsse auf den Preis in Form von Markteinflüssen quasi ausgeschlossen sind und die Wärmeproduktion durch die sichere Abnahme der Wärme effizient und damit langfristig sinnvoll planbar durchgeführt werden kann. Die Preise liegen dann oft niedriger als bei anderen Energieträgern (Danish Energy Agency, 2012, S. 41). Hier finden sich entsprechend sozioökonomische Skaleneffekte. Bei einer starken Nutzung von Fernwärme ist auch ein geringerer Schadstoffausstoß pro Kopf zu erwarten (Chittum & Østergaard, 2014, S. 465). Der Einfluss verschiedener Variablen auf den Wärmepreis wurde von der dänischen Energieagentur auf Basis von Daten aus einer Befragung von 431 Energieversorgern in den Jahren 2011/2012 untersucht (Danish Energy Agency, 2012, S. 41):

Tabelle 1: Vergleich der Wärmepreise in Wärmenetzen nach verschiedenen Variablen

Variable	Unterschied zum Wärmepreis des Referenzfalls in Dänischen Kronen
Primärbrennstoffquelle (Referenz: Biomasse)	
Abfall	607
Kohle	628
Anderer Kraftstoff	962
Erdgas	3.049
Urbanität (Referenz: andere Gebiete)	
Großstadt	138
Barmarksværk ²	3.948
Eigentum (Referenz: im Besitz der Abnehmenden)	
Wohnungsbaugesellschaft	1.130
Gemeinde	1.167
Privates Unternehmen	5.719
Größe (Referenz: budgetierter Jahresumsatz von 5.000 MWh)	
Budgetierter Jahresumsatz von 10.000 MWh	-1.038
Budgetierter Jahresumsatz von 50.000 MWh	-3.164
Budgetierter Jahresumsatz von 500.000 MWh	-5.621.
Budgetierter Jahresumsatz von 1.000.000 MWh	-6.246

Quelle: Danish Energy Agency (2012). Für ein durchschnittliches Eigenheim geben Chittum und Østergaard (2014, S. 471) jährliche Heizkosten von ca. 15.000 DKR bzw. 2.000 € an.

Die Bezugsgröße variieren dabei Fallweise. Im Vergleich der eingesetzten Energieträger erweist sich Biomasse in Dänemark als preiswerter als Wärme aus der Abfallverbrennung, Kohle oder anderen Energieträgern und deutlich kostengünstiger als das in Dänemark hoch besteuerte Erdgas. Großstädtische Fernwärme ist kaum teurer als Fernwärme in kleineren Orten, nur die „Barmarksværker“ stehen als teurer heraus. Fernwärmegesellschaften im Besitz der Abnehmenden erweisen sich als

² Ein Barmarksværk ist ursprünglich eine auf der grünen Wiese errichtete Anlage und bezieht sich auf dezentralisierte Wärmenetze in kleineren Städten, typischerweise mit Erdgas-KWK und niedriger Dichte von Abnehmern (= 25-30% Wärmeverluste im Netz). Die meisten dieser Anlagen wurden in den 80er Jahren gebaut, als Dänemark in der Nordsee auf Erdgas stieß, und die Politik das Erdgas innerhalb des Landes nutzen wollte, um die Abhängigkeit von ausländischem Erdöl zu verringern. Die Barmarksværker wurden per Gesetz zur Verwendung von Erdgas gezwungen und durften nicht auf einen anderen Brennstoff umsteigen. Am Anfang war das Erdgas billig, aber mit der Zeit ist es auch aufgrund steigender Steuern teuer geworden. Seit dem Jahr 2014 dürfen die Barmarksværker mit den höchsten Wärmepreisen einen Biomassekessel von weniger als 1 MW bauen, um die Preise zu senken. In den letzten Jahren haben viele von ihnen auch solarthermische Kollektoren hinzugefügt, da dies nicht als ein anderer Brennstoff zählt (Nielsen, 2020)

preiswerter als solche im Besitz von Wohnungsbaugesellschaften oder der Gemeinde, welche wieder deutlich preiswerter sind als private Energieversorger. Auch der Einfluss von Skaleneinflüssen und damit die Größe des Wärmenetzes, gemessen anhand des budgetierten Jahresumsatzes, ist erheblich (Chittum & Østergaard, 2014, S. 471; Danish Energy Agency, 2012, S. 41; Sandberg, 2004). Gemessen an den durchschnittlichen Heizkosten von ca. 15.000 DKR bzw. 2.000 € im Jahr (Chittum & Østergaard, 2014, S. 471) können sich die größten Kostennachteile durch private Netzbetreiber und den Einsatz von Erdgas als Energieträger ergeben. Die größten Kostenvorteile ergeben sich beim Bezug der Wärme von sehr großen Netzbetreiber, also z.B. in Kopenhagen und Aalborg.

Die Sinnhaftigkeit von freien und unregulierten Märkten für die Fernwärmeversorgung unter Voraussetzung der gegebenen Ziele (Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit) wäre nur dann erfüllt, wenn am Markt tatsächlich eine Konkurrenzsituation vorhanden wäre. Diese Situation ist durch die natürliche Monopolstellung der Fernwärmenetze aus Sicht der EA Energianalyse nicht gegeben (EA Energianalyse, 2017, S. 35). Eine Öffnung des Marktes kann also höchstens für die Einspeisung von Fernwärme durchgeführt werden, nicht jedoch für die Bereitstellung der Infrastruktur. Wettbewerb kann über die Trennung von Netzbetreibern und Energielieferanten sinnvoll gewährleistet werden (EA Energianalyse, 2017, S. 135). Die Netzbetreibenden sorgen für die Bereitstellung der Infrastruktur, während die Produktion der Wärme durch entkoppelte Unternehmen erfolgt. Dies wird von EA Energianalyse (2017, S. 20) vorgeschlagen und würde der Gestaltung der Strommärkte in Deutschland entsprechen.

Die Interessen von Privatunternehmen stehen allerdings in der Fernwärmeversorgung oft sozioökonomischen Interessen entgegen (Bundgaard, 2015, S. 52). In der Wärmeversorgung führt die Gewinnorientierung zu steigenden Preisen bei gleichzeitiger Minderung der Qualität durch das Ziel, Kosten zu sparen. All diese Punkte sorgen im Ergebnis für eine unsicherere Versorgung und steigende Preise, insbesondere, wenn eine Anschlusspflicht gegeben ist. In diesem Fall wäre kein Nachfragedruck vorhanden, der ineffizient arbeitende Unternehmen unter Druck setzen würde. Dementsprechend ist die Struktur der Unternehmen relevant. Private und damit gewinnorientierte Unternehmen verlangen wie in den Zahlen der Danish Energy Agency (2012, S. 41) deutlich wird höhere Preise. Eine genossenschaftliche oder gemeinnützige Organisation der Wärmeversorgung führt dagegen zu niedrigeren Preisen, einem sozioökonomischen Vorteil und fairer Kostenverteilung. Diese Unternehmen sind verpflichtet, mögliche Gewinne entweder zu investieren oder an die Kunden zurückzugeben.

Die kommunale oder gemeinnützige Organisation führt zu weiteren kostensenkenden Effekten. So werden überhöhte Löhne für das Management vermieden und Kapitalerträge müssen nicht bezahlt werden. Die Überwachung durch eine öffentlich bestellte Kostenprüfung schützt die Abnehmer vor überhöhten Preisen für Services und zu hohen Energiepreisen (Chittum & Østergaard, 2014, S. 471).

Weiterhin sinken im Vergleich zum Betrieb eines eigenen Heizkessels persönliche Risiken und Wartungskosten, da diese Aufgaben extern und professionell durch die Netzbetreibenden erledigt werden. Die Kosten dafür werden durch einen festgesetzten Betrag gezahlt. Das Ausfallrisiko und damit die hohen Kosten einer Instandsetzung werden für den einzelnen minimiert, während gleichzeitig die Versorgungssicherheit durch eine Professionalisierung der Versorgung steigt (Chittum & Østergaard,

2014, S. 471). Auch das Risiko eines unerwarteten Preisanstiegs für Erdgas oder Heizöl wird in Fernwärmesystemen aufgrund der vielfältigen Wärmequellen geringer.

Typisch für den Betrieb von Wärmenetzen sind lange Marktzyklen. Sie ergeben sich durch die lange Lebensdauer der aufwendigen technischen Ausstattung der Wärmenetze (EA Energianalyse, 2017, S. 20), durch den aufwendigen Anschluss zusätzlicher Gebäude an das Wärmenetz und eine damit einhergehende lange Vertragsbindung. Entsprechend handelt es sich um einen stabilen und planungssicheren Markt (EA Energianalyse, 2017, S. 23). Die in diesem Markt agierenden gemeinnützigen und kommunalen Wärmeversorger tragen zu einem insgesamt stabilen Sektor für die Gesamtwirtschaft bei, da die Unternehmen eine hohe Planungssicherheit haben. Dies führt wiederum in Dänemark zu einem starken Investitionspotenzial, da die beteiligten Unternehmen Stabilität vorweisen können (Chittum & Østergaard, 2014, S. 470). Durch die langsamen Entwicklungen und langen Marktzyklen ist ein Unternehmen der Wärmeversorgung entsprechend geringen Unsicherheiten ausgesetzt (Chittum & Østergaard, 2014, S. 470). Zulieferindustrie wie auch Banken bekommen Vertrauen in das Wachstum des Fernwärmesektors, wodurch Preise für Komponenten wie auch Zinsen langfristig sinken (Chittum & Østergaard, 2014, S. 471).

Als wesentliche Einflussgrößen auf die Größe des Fernwärmesystems wie auch auf die Anschlussrate identifizieren Sandberg (2004) wie auch Chittum (2014) den kommunalen Wärmeplan. Die durch Wärmepläne ausgelöste Wachstumsdynamik ist Grundlage für viele der oben dargestellten Entwicklungen.

2.3 Regulierung der Wärmeplanung in Dänemark

Um den durch die Politik für den Energiesektor festgelegten Zielen von Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit zu entsprechen, ist der Wärmemarkt in Dänemark reguliert. Die Regulation erfolgt dabei über gesetzlich festgelegte Ziele und Vorgaben. Diese umfassen die Punkte der Gemeinwohlorientierung von Wärmeproduzenten, Benchmarkpreise, Anschlusspflichten und eine eng strukturierte und zentral auf der lokalen Ebene organisierte Planung.

Bei einem größtenteils regulierten Markt muss im Gegenzug darauf geachtet werden, dass der Preis nach bestimmten Regularien entwickelt wird, um effizient sein zu können. In Dänemark werden dafür **Benchmarkpreise** ermittelt (EA Energianalyse, 2017, S. 26). Die relevantesten Faktoren für die Bildung des Preises von Fernwärme sind die Form des Energieträgers, der Standort der Anlage, die Eigentumsform des Anbieters sowie Skaleneffekte bei der Erzeugung von Wärme (Danish Energy Agency, 2012, S. 39). Andere Faktoren sind Abschreibungsrichtlinien und Steuern, das Alter der Infrastruktur und eine zu ermittelnde Über- oder Unterversorgung, Anschlusskosten, Verbraucherdichte und Anschlussinfrastruktur, Wärmeerzeugung und Betriebseffizienz (Danish Energy Agency, 2012, S. 48). Grundsätzlich gilt, dass die Preise für die Versorgung die Kosten für Produktion, Bereitstellung und Transport der Fernwärme nicht überschreiten dürfen (Energietilsynet, 2018, S. 3).

Die Zentralisierung und eine in engem Austausch mit anderen Standorten durchgeführte **Wärmeplanung** sorgt für Effizienzsteigerungen und bessere Zusammenarbeit (Bundgaard, 2015, S. 36). Es lohnt sich also, die dezentralen Wärmeplanungsaktivitäten zu koordinieren, um Synergieeffekte auszunutzen,

gleichzeitig aber auch auf lokale Besonderheiten achten zu können (Sperling, Hvelplund & Mathiesen, 2011, S. 1347). Gleichzeitig bietet sich die Zusammenarbeit von Kommunen an, um Skaleneffekte bestmöglich auszunutzen zu können (Bundgaard, 2015, S. 40). Langbak Hansen (2017) führt am Beispiel der dänischen Region Mitteljütland eine Reihe von Aktivitäten auf, die selbst eine eigentlich für Energiefragen nicht zuständige Verwaltungsebene zu dem Prozess der Energieplanung beitragen kann:

- Vergleichende Erhebung im Zweijahresrhythmus, welche Kommune welchen Anteil der Versorgung mit erneuerbarer Energie erreicht hat,
- Vergleichende Analyse, wo der Ausbau von Wärmenetzen wirtschaftlich sinnvoll ist,
- Ortsübergreifende Analyse des Abwärmepotenzials incl. der Frage der Nutzung einzelner Quellen durch mehr als eine Kommune,
- Systematische Planung des Ausstiegs aus der Nutzung von Biomasse (fuel free district heating)

Die regionalen Vergleiche machen auch das auf Nachhaltigkeit gerichtete Engagement der lokalen Verwaltungen transparent (Langbak Hansen, 2017).

Bundgaard betont die Wichtigkeit einer Koordination von überregionaler bzw. nationaler Wärmestrategie und lokaler Wärmeplanung. Auf nationaler Ebene kann z.B. organisiert werden, dass fehlendes Wissen durch F&E Aktivitäten gewonnen wird und auch die Verbreitung von Best Practices über die Vorreiter-Kommunen hinaus lässt sich organisieren (Bundgaard, 2015, S. 68). Sperling et al. empfehlen, nationale Zielsetzungen zu entwickeln (bspw. eine vollständig unabhängige und erneuerbare Wärmeversorgung) und diese dann mit einem Gestaltungsspielraum für lokale administrative Ebenen umzusetzen (Sperling et al., 2011, S. 1344). Sperling unterscheidet dabei zwischen Aufgaben für die nationale Regierung und Aufgaben für die Gemeinde (Sperling et al., 2011, S. 1339):

Nationale Ebene:

- Schaffung einer geeigneten Tarifstruktur für die Wärmeversorgung zugunsten z.B. der vollständigen Umstellung der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energie; Energieeinsparungen in Häusern in Gebieten mit Wärmenetzen sowie kontinuierliche Energieeinsparungen im Fernwärmenetz; "windfreundliche" Wärmenetze mit Wärmepumpen zur Nutzung von Überschussstrom usw.,
- Klare Richtlinien für die Umstellung von mit Erdgas versorgten Gebieten und allen anderen individuellen, mit fossilen Brennstoffen beheizten Gebäuden auf Versorgung mit erneuerbarer Wärme,
- Klare Richtlinien und notwendige (räumliche) Informationen für die integrierte Wärmeplanung in den Kommunen.

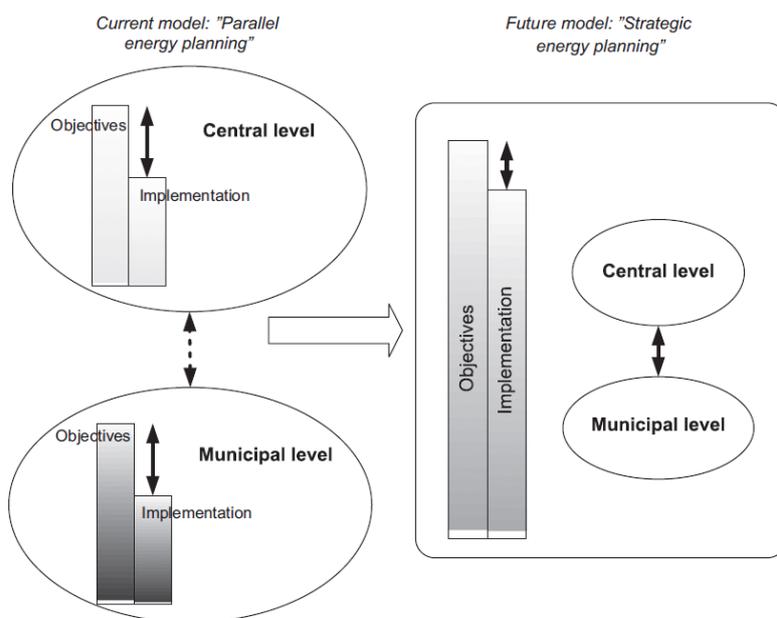
Gemeindeebene:

- Durchführung der kommunalen Wärmeplanung in Kombination mit z.B. strategischen kommunalen Energieplänen,

- Lokale Förderungs- und Tarifsysteme, die den Anschluss von Gebäuden an Wärmenetze beschleunigen,
- Kommunale Versorgungsunternehmen als Schlüsselakteure bei der Umsetzung von Energieeinsparungen im Wärmenetz.

Eine gute Koordination der nationalen Rahmenbedingungen und der lokalen Wärmepläne wäre damit laut Sperling auch geeignet, das Umsetzungsdefizit sowohl auf nationaler wie auf kommunaler Ebene zu reduzieren:

Abbildung 4: Zusammenführung der nationalen Energiepolitik und der kommunalen Wärmeplanung in Dänemark



Quelle: Sperling (2011 S. 1346)

Die Beispiele lokaler Zusammenarbeit in Dänemark zeigen, dass interdisziplinärer Austausch sinnvoll ist. In Dänemark sind dafür die Gemeinden und Kommunen untereinander in Form einer Mediations- und Analysegemeinschaft verbunden. Diese Gemeinschaft beruht auf Befragungen und Dokumentationen von Problemen, Fortschritten und Anregungen. Die Ergebnisse dieser Befragungen werden veröffentlicht und an die Teilnehmenden weitergegeben, damit alle Fernwärmeunternehmen von den Erkenntnissen einzelner profitieren können (Bundgaard 2015).

Genauso ist eine zentrale Planungsinstitution für eine effizientere und kostensparende Umsetzung wichtig. Die Themen Wärmeplanung, Windkraft und andere Energieträger, Stadtplanung, Verkehr und Immobilien sind genauso beteiligt wie Wirtschaftsförderung, Abfall, Umweltschutz und Naturraumplanung und haben ggf. indirekt einen Einfluss auf die Gestaltung der Fernwärmeversorgung (Bundgaard, 2015, S. 43). Die themenübergreifende Zusammenarbeit soll zu einem verbesserten Aus-

tausch innerhalb von Verwaltungseinrichtungen führen. Eine breite und direkte Einbindung der Bürger führt aus Sicht von Bundgaard dazu, die Akzeptanz und das Verständnis der Bürger sowie die Vorteile einer breit angelegten Strategie zur Wärmeversorgung weiter zu steigern (Bundgaard, 2015, S. 43). Denn die Bewertung der Fernwärme durch die Verbraucher ist bereits positiv, Fernwärme wird in Dänemark als nachhaltig und kostengünstig wahrgenommen (FIF Marketing, 2016, S. 19). Dies spricht im Rahmen einer nachhaltigeren Energiepolitik dafür, die Wärmeversorgung durch Wärmenetze verstärkt voran zu treiben. (EA Energianalyse, 2017, S. 101). Die Akzeptanz der Bevölkerung führt in Dänemark auch dazu, die nötigen Maßnahmen legitimieren zu können. Eine überregionale Angleichung der Verhältnisse trägt in diesem Zuge dazu bei, die Akzeptanz über große geographische Räume zu sichern (Bundgaard, 2015, S. 46).

Eine strategische und konsequente Wärmeplanung kann zu guter Letzt dazu führen, nicht durch europaweite Richtlinien überholt zu werden. Die Harmonisierung der europaweiten Energiemärkte kann viel eher als Ansporn genutzt werden, um Wärmeplanung zu forcieren (Chittum & Østergaard, 2014, S. 472).

2.4 Bedeutung der Erkenntnisse für die Wärmeplanung in Deutschland

In Dänemark sind die Wärmepläne ein zentrales Element der Umsetzung einer regenerativen Energieversorgung auf kommunaler Ebene. Ihre jahrzehntelange Anwendung zeigt, dass eine sichere, umweltfreundliche und preiswerte Versorgung mit regenerativer Wärme in vielen Orten möglich ist und die Zustimmung der Bevölkerung finden kann. Die Wahrnehmung regenerativer Fernwärme als kostengünstig hängt allerdings auch ganz wesentlich mit hohen Steuern auf die fossilen Wärmeträger Erdgas und Heizöl zusammen.

Der Umbau der Wärmeversorgung ist ein komplexes und langfristiges Projekt. Eine kommunale Wärmeplanung sorgt dabei für Stabilität bei der Durchführung. National klare Rahmenbedingungen führen über die konsequente Skalierung nachhaltiger regenerativer Lösungen zu erheblichen Kosteneinsparungen.

Mit Blick auf die Situation in Deutschland ist zu resümieren, dass eine Energiewende-Politik auf Bundesebene zumindest existiert. Zwar wird sie permanent wegen falscher Anreize, hohe Subventionen für fossile Energien (Umweltbundesamt, 2010, 2014, 2016) und Behinderung des Ausbaus erneuerbarer Energien kritisiert, aber eine – wenn auch in sich widersprüchliche und oftmals eher bremsende – nationale Energiewende-Politik ist zumindest vorhanden.

Eine kommunale Wärmeplanung ist dagegen in Deutschland kaum existent. Eine Zuständigkeit der öffentlichen Hand im Rahmen der allgemeinen Daseinsvorsorge für die Frage, wie welches Gebäude mit Wärme versorgt wird, ist erst seit 2020 und nur in Hamburg und in Baden-Württemberg in Klimaschutzgesetzen eindeutig verankert. Für eine systematische, wirksame und bezahlbare Wärmewende ist die Etablierung dieses Instrumentes aber unverzichtbar.

Ein zentrales und in der Vergangenheit wenig genutztes und umstrittenes Instrument zur Steigerung der Effizienz und Senkung der Kosten von Wärmenetzen ist der Anschluss- und Benutzungszwang.

Das am 1. November 2020 in Kraft tretende GEG sieht die Möglichkeit eines solchen Anschluss- und Benutzungszwangs in § 109 auch in Zukunft explizit vor (Die Bundesregierung, 2020):

Die Gemeinden und Gemeindeverbände können von einer Bestimmung nach Landesrecht, die sie zur Bestimmung eines Anschluss- und Benutzungszwangs an ein Netz der öffentlichen Fernwärme oder Fernkälteversorgung ermächtigt, auch zum Zwecke des Klima- und Ressourcenschutzes Gebrauch machen.

Rechtsgrundlage für die Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwanges an ein Fernwärmenetz sind die jeweiligen Gemeinde- bzw. Kommunalordnungen der Bundesländer. Gegenwärtig sehen alle Bundesländer die Möglichkeit eines Anschluss- und Benutzungszwangs für Fernwärme vor. Lediglich Bayern beschränkt diese Möglichkeit auf Neubauten und Sanierungsgebiete. Zur Umsetzung hat der Ortsgesetzgeber eine Satzung zu erlassen. Vor Erlass der Satzung ist umfassend das Für und Wider eines solchen Zwanges abzuwägen. Ein Anschluss- und Benutzungszwang kann auch durch einen Bebauungsplan gemäß § 9 Nr. 23 Baugesetzbuch eingeführt werden.

Trotz der bisher in Deutschland geringen Verbreitung dieses Zwangs sollte im Zuge der Transformation der Wärmeversorgung dies Instrument und seine Potenziale hohe Aufmerksamkeit erfahren.

3 Regulierungen zur Wärmeplanung in Deutschland

Kommunen steht es frei, einen Wärmeplan zu entwickeln. In Deutschland sind bisher aber kaum kartografische Wärmepläne für ganze Kommunen nach dänischem Vorbild bekannt. Bestenfalls für einzelne Quartiere werden solche Pläne erstellt. Eine Pflicht zur Wärmeplanung kann aufgrund von Vorschriften des Grundgesetzes nur durch die Bundesländer vorgeschrieben werden (Agora Energiewende, 2019, S. 27), wie dies in Hamburg und Baden-Württemberg bereits geschehen ist (Hansestadt Hamburg, 2020). Auch Schleswig-Holstein will 2021 ein überarbeitetes Energiewende- und Klimaschutzgesetz (EWKG) vorlegen, mit dem die Landesregierung größere Kommunen zur Erstellung eines kommunalen Wärmeplans verpflichten will (OK-Power, 2020). In Niedersachsen wird über eine mögliche Förderung der Erstellung von Wärmeplänen nachgedacht.

3.1 Das Hamburgische Klimaschutzgesetz

Das Hamburgische Klimaschutzgesetz (Hansestadt Hamburg, 2020) schreibt in den §§ 25 und 26 die Aufstellung einer Wärmeplanung und eines Wärmekataster durch die zuständige Behörde vor.

§ 25 Wärme- und Kälteplanung:

- (1) Die zuständige Behörde nimmt Aufgaben einer Wärme- und Kälteplanung wahr, die an den Zielen des § 2 orientiert sind. Aufgaben einer Wärme- und Kälteplanung beziehen sich insbesondere auf die Identifizierung von energie- und kosteneffizienten Maßnahmen in einer räumlichen Gebietseinheit, die Koordination von Infrastrukturmaßnahmen im Versorgungsbereich sowie die enge Verzahnung dieser mit der Stadtentwicklung und Bauleitplanung. Damit werden Maßnahmen hin zu einer möglichst klimaneutralen Wärmeversorgung in der Stadt eingeleitet. Hierfür kann die zuständige Behörde Energiepläne erstellen oder von Dritten erstellen lassen.
- (2) Bei städtebaulichen Planungen sind Ergebnisse der Energiepläne nach Absatz 1 zu berücksichtigen.

§ 26 Wärmekataster:

- (1) Die zuständige Behörde führt ein Wärmekataster.
- (2) Das Wärmekataster kann die folgenden Daten enthalten:
 - a. *Anschrift von Gebäuden (Straße, Hausnummer, Postleitzahl),*
 - b. *Nutzungsarten von Gebäuden,*
 - c. *Baujahre von Gebäuden,*
 - d. *Gebäudetypen,*
 - e. *Volumen, Grundfläche, Höhe, Geschosszahl und beheizte Flächen von Gebäuden,*
 - f. *Wärme- und Kälteenergieverbrauch von Gebäuden,*
 - g. *Wärme- und Kälteenergiebedarf von Gebäuden,*

- h. energetischer Sanierungszustand von Gebäuden,*
- i. Art, Alter, Leistung sowie verwendete Energiequellen von Energieumwandlungsanlagen, insbesondere Wärmeerzeugungsanlagen,*
- j. Art, Alter, Lage, Leitungslänge, Durchmesser und Temperaturniveau von Ver- und Entsorgungsnetzen, einschließlich Hausanschlussleitungen,*
- k. Zielwerte der Dekarbonisierungsfahrpläne nach § 10,*
- l. Abwärmepotenziale, insbesondere Lage, Leistung, Arbeit, Temperaturniveau und zeitliche Verfügbarkeit,*
- m. Dach- und Freiflächenpotenziale für die solare Energiegewinnung im Stadtgebiet.*

Das Wärmekataster beschränkt sich dabei auf die in Satz 1 genannten Daten.

- (3) Für die Daten aus dem Wärmekataster besteht eine zeitlich unbeschränkte Aufbewahrungspflicht.

Wichtig ist auch § 10, der Wärmeversorgungsunternehmen die Erstellung von Dekarbonisierungsfahrplänen vorschreibt. Im § 10 des Hamburgischen Klimaschutzgesetzes (Hansestadt Hamburg, 2020) heißt es:

- (1) Wärmeversorgungsunternehmen sind verpflichtet, für ihre Wärmenetze einen Dekarbonisierungsfahrplan vorzulegen. Darin ist darzulegen, wie das Ziel der nahezu klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2050 erreicht werden kann und wie sichergestellt wird, dass bis zum 31. Dezember 2029 mindestens 30 v.H. der aus dem jeweiligen Netz genutzten Wärme aus erneuerbaren Energien stammt. Der Dekarbonisierungsfahrplan ist spätestens vier Jahre nach Inkrafttreten dieses Gesetzes der zuständigen Behörde vorzulegen. Er ist spätestens zehn Jahre nach der letzten Erstellung zu aktualisieren und erneut der zuständigen Behörde vorzulegen.
- (2) Zur Erfüllung der Verpflichtung aus Absatz 1 wird auch unvermeidbare Abwärme aus gewerblichen oder industriellen Prozessen als erneuerbare Energie anerkannt. Zudem kann der biologische abbaubare Anteil des Abfalls (§ 3 Nummer 15) pauschal mit 50 v.H. angenommen werden.
- (3) Die zuständige Behörde prüft die Dekarbonisierungsfahrpläne auf ihre Schlüssigkeit und ihre Umsetzbarkeit bis zum Jahr 2030 entsprechend dem Ziel in Absatz 1 und bescheinigt dies dem Wärmeversorgungsunternehmen. Bei der Prüfung soll die zuständige Behörde bei mehreren Wärmenetzen eines Wärmeversorgungsunternehmens einen summarischen Ansatz wählen. Die zuständige Behörde überwacht laufend die voraussichtliche Einhaltung der Dekarbonisierungsfahrpläne und weist die Wärmeversorgungsunternehmen rechtzeitig auf voraussichtliche oder festgestellte Abweichungen hin.
- (4) Wärmeversorgungsunternehmen haben sechs Monate nach Inkrafttreten dieses Gesetzes Informationen über den spezifischen Kohlenstoffdioxid-Faktor, den Anteil und die Art erneuer-

barer Energien und den Primärenergiefaktor des jeweiligen Wärmenetzes auf der Internetseite des Wärmeversorgungsunternehmens oder an anderer geeigneter Stelle im Internet zu veröffentlichen.

- (5) Die Informationen nach Absatz 4 sowie die Zielwerte aus den Dekarbonisierungsfahrplänen nach Absatz 1 werden in das Wärmekataster (§ 26) aufgenommen.
- (6) Der Senat wird ermächtigt, den Inhalt und die Zielwerte der Dekarbonisierungsfahrpläne nach Absatz 1 sowie Näheres über die Informationen nach Absatz 4 in einer Rechtsverordnung mit dem Ziel der Vergleichbarkeit näher zu konkretisieren.

In § 25 Abs. steht im Hamburgischen Klimaschutzgesetz die „*Identifizierung von energie- und kosteneffizienten Maßnahmen*“ im Vordergrund. In der Umsetzung des Gesetzes ist hier darauf zu achten, dass angesichts niedriger Steuern auf fossile Energieträger das Wort kosteneffizient nur in der Abwägung zwischen verschiedenen erneuerbaren Energiequellen als Argument eingesetzt wird und nicht als pauschales Argument zur Abwehr von Investitionen in die Erschließung regenerativer Wärmequellen genutzt wird.

Weiter ist darauf hinzuweisen, dass die Anforderung von § 10 Abs. 1 nach 30 % erneuerbaren Wärme im Wärmenetz zum Ende des Jahres 2029 deutlich zu wenig Ambition zeigt. Mit Blick auf das noch verbleibende CO₂-Restbudget (Rahmstorf, 2019) sollte dieses Ziel auf mindestens 80 % angehoben werden.

3.2 Gesetz zur Weiterentwicklung des Klimaschutzes in Baden-Württemberg

Auch in Baden-Württemberg ist nunmehr den Kommunen eine Pflicht zur Wärmeplanung auferlegt. Die Regelung erfolgt im § 7 des Gesetzes zur Weiterentwicklung des Klimaschutzes in Baden-Württemberg (Landtag von Baden-Württemberg, 2020):

§ 7 c Kommunale Wärmeplanung

- (1) Die kommunale Wärmeplanung ist für Gemeinden ein wichtiger Prozess, um die Klimaschutzziele im Wärmebereich zu erreichen. Durch die kommunale Wärmeplanung entwickeln die Gemeinden eine Strategie zur Verwirklichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung und tragen damit zur Erreichung des Ziels eines klimaneutralen Gebäudebestands bis zum Jahr 2050 bei.
- (2) Kommunale Wärmepläne stellen für das gesamte Gebiet der jeweiligen Gemeinde räumlich aufgelöst
 - a. die systematische und qualifizierte Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs oder -verbrauchs und der daraus resultierenden Treibhausgasemissionen, einschließlich Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baualtersklassen, sowie die aktuelle Versorgungsstruktur (Bestandsanalyse),

- b. die in der Gemeinde vorhandenen Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz und zur klimaneutralen Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien sowie Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung (Potenzialanalyse) und
- c. ein klimaneutrales Szenario für das Jahr 2050 mit Zwischenzielen für das Jahr 2030 zur zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs und einer flächendeckenden Darstellung der zur klimaneutralen Bedarfsdeckung geplanten Versorgungsstruktur dar.

Hierauf aufbauend werden im kommunalen Wärmeplan mögliche Handlungsstrategien und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und damit einhergehend zur Reduzierung und klimaneutralen Deckung des Wärmeenergiebedarfs entwickelt. Es sind mindestens fünf Maßnahmen zu benennen, mit deren Umsetzung innerhalb der auf die Veröffentlichung folgenden fünf Jahre begonnen werden soll. Ein kommunaler Wärmeplan ist Grundlage für eine Verknüpfung der energetischen Gebäudesanierung mit einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Rahmen der strategischen Planung der Wärmeversorgung einer Gemeinde und bildet die Grundlage für die Umsetzung.

Details regeln § 7 d für die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans und § 7 e für die Datenübermittlung zur Erstellung kommunaler Wärmepläne.

Auch mit Blick auf das Gesetz zur Weiterentwicklung des Klimaschutzes in Baden-Württemberg ist mit Bezug zu § 7 Abs. 1 sowie Abs. 2 Nr. 3 das nicht ausreichende Zeitziel der Klimaneutralität in 2050 zu kritisieren. Für die Zwischenziele für 2030 wäre auch hier eine klare und anspruchsvolle Anforderung im Gesetz zu formulieren, die mit dem Budgetkonzept des IPCC im Einklang steht (Rahmstorf, 2019). Zudem scheint der Beginn von fünf Maßnahmen in einer Frist von fünf Jahren nach Vorlage des fertigen Wärmeplans nicht ambitioniert zu sein.

4 Digitalisierung der kommunalen Wärmeplanung

Die Digitalisierung der kommunalen Wärmeplanung erfordert verschiedene Komponenten. Als digitale Anwendungen sind denkbar:

- digitale Datengewinnung z.B. durch optische oder Thermographie-Überfliegungen,
- Auswertung von Überfliegsdaten (Big-Data) mit künstlicher Intelligenz,
- digitalisierte Datengewinnung und Verbreitung durch cloudbasierte Datenbestände,
- digitale Datengewinnung durch kartenbasiertes Crowd-Sourcing,
- Programmierung von Schnittstellen zur Verknüpfung verschiedener Datenbestände,
- Software für die eigentliche Wärmeplanung.

Das Angebot an digitalen Helfern für die kommunale Wärmeplanung scheint sich noch im Stadium der Entwicklung zu befinden. So konnten z.B. keine Systemhäuser identifiziert werden, die Kommunen Software, Unterstützung oder Komplettpakete für den Prozess der Wärmeplanung anbieten.

4.1 Das Projekt Hotmaps

Mit Förderung durch die EU wurde im Rahmen des Projektes **Hotmaps** von 2016 bis 2020 eine Open Source Software für die Wärmeplanung entwickelt. Das übergreifende Ziel von Hotmaps war die Entwicklung einer Open-Source-Kartierungs- und Planungs-Toolbox für Heizung/Kühlung und die Bereitstellung von Standarddaten für die EU28 auf nationaler und lokaler Ebene. Diese Daten und das Tool ermöglichen es den Behörden, Ressourcen und Lösungen zur ressourcen- und kosteneffizienten Deckung des Energiebedarfs in ihrem Zuständigkeitsbereich zu identifizieren, zu analysieren, zu modellieren und zu kartieren. Hotmaps hilft Behörden bei der Entwicklung von Wärme- und Kältestrategien auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene, die mit den Zielen für erneuerbare Energien und CO₂-Emissionen auf nationaler und EU-Ebene übereinstimmen. Hotmaps ist eine GIS-basierte Online-Software, die Behörden und Energieplaner dabei unterstützt, einen strategischen Wärme- und Kälteplan für ihre Region zu erstellen. Die erste Version des Tools ist unter www.hotmaps.eu verfügbar. Die Toolbox ermöglicht es den Benutzenden:

- Standorte des aktuellen Wärme- und Kältebedarfs sowie des entsprechenden Angebots auf einer Karte für die EU28 zu identifizieren;
- das Potenzial an erneuerbarer Energie für die Wärme- und Kälteversorgung in einem ausgewählten Gebiet zu ermitteln;
- das Abwärmepotenzial von Industrieanlagen innerhalb eines ausgewählten Gebietes zu identifizieren;
- die Abschätzung des Potenzials für effiziente Fernwärmeoptionen innerhalb eines ausgewählten Gebietes vorzunehmen;

- die Abschätzung und den Vergleich der Kosten von individueller Heizung und Fernwärmeoptionen in einem ausgewählten Gebiet vorzunehmen;
- Szenarien für Dekarbonisierungspfade für Heizung und Kühlung zu entwickeln.

Partner in Deutschland sind das Energiereferat der Stadt Frankfurt am Main sowie Fraunhofer ISI.

Die Open-Source-Datensätze von Hotmaps bieten Informationen folgenden Punkten (Hotmaps-Projekt, 2020, S. 15):

- Gebäudebestand;
- Raumheizung, -kühlung und Warmwasserbedarf;
- Klima;
- industrielle Prozesse;
- Wärme- und Kälteversorgung;
- Datenerfassung und ggf. Überprüfung erneuerbarer Energiequellen;
- stündliche Lastprofile.

Die Broschüre Hotmaps-Toolbox macht deutlich, dass die Hotmaps-Software einiges kann, aber einige Fachkenntnisse des Umgehens mit Datenbanken erforderlich sein könnten. (Hotmaps-Projekt, 2020, S. 18):

Das Hotmaps-Team hat eine einzigartige Präsentation von Open- Source- und transparenten Daten zusammengestellt, die auf nationaler oder, falls verfügbar, auf regionaler und lokaler Ebene gesammelt wurden. Dafür wurden Informationen für drei verschiedene Sektoren zusammengetragen: Wohnen, Dienstleistung und Industrie. Eine umfassende Zusammenfassung des Datenerfassungsprozesses ist verfügbar, und das Hotmaps-Team aktualisiert den Datensatz regelmäßig. Alle Datensätze sind frei zugänglich und können unter <https://gitlab.com/Hotmaps> heruntergeladen werden. Sie können die Datensätze herunterladen, bearbeiten und später in der Hotmaps-Software visualisieren. Der Hotmaps-Datensatz ist quelloffen ("Open Source") und kann daher in andere Softwares integriert werden. Andererseits können Sie, sollten Sie über bessere Informationen verfügen, auch Ihre eigenen Datensätze in Ihr persönliches Hotmaps-Konto hochladen, um präzisere Simulationen durchzuführen.

In der Hotmaps-Toolbox werden insgesamt sieben Städte portraitiert, die die Software bereits anwenden. Eine der Städte ist Frankfurt am Main (Hotmaps-Projekt, 2020, S. 18):

*In **Frankfurt am Main** ist die Fernwärme eine der wichtigsten Säulen des Aktionsplans für nachhaltige Energie. Die erste Priorität besteht darin, den gesamten Energiebedarf der Stadt bis 2050 zu halbieren und den Rest mit erneuerbarer Energie und/oder Abwärme abzudecken. Die Stadt hat das allgemeine Ziel, die Treibhausgasemissionen im Jahr 2050 gegenüber 1990 um 95 % zu senken.*

Die mit der Hotmaps-Toolbox durchgeführten Berechnungen bestätigten, dass zur Erreichung des Stadtziels eine Reduzierung des Wärmebedarfs in Gebäuden von 40 % bis 50 % erforderlich ist. Dies kann nur mit einer ehrgeizigen Renovierungspolitik erreicht werden, bei der 75 % der Gebäude der

Stadt modernisiert werden. Weitere Berechnungen zeigen, dass eine weitere Verringerung des Wärmebedarfs in Gebäuden weitaus teurer werden würde, als wenn der verbleibende Wärmebedarf mit lokalen Wärmequellen gedeckt wird. Die Analyse zeigt, dass lokale Ressourcenpotenziale ausreichen könnten, um den verbleibenden Wärmebedarf fast vollständig zu decken. Bis 2050 sollte Fernwärme 60 % bis 80 % des verbleibenden Wärmebedarfs decken, da so die lokalen Ressourcen kosteneffizient genutzt werden können, insbesondere die überschüssige Wärme aus der Industrie sowie aus Kläranlagen, Rechenzentren und Flusswasser. Allerdings bleibt es eine Herausforderung, Spitzenlasten in Fernwärmenetzen ohne Treibhausgasemissionen abzudecken.

Wasserstoff oder synthetisches Methan könnten, abhängig von ihrem Preis, eine Lösung sein. Auch eine mehrwöchentliche Wärmespeicherung könnte in Betracht gezogen werden.

Die nächsten Schritte für die Stadt Frankfurt am Main sind die Entwicklung von Richtlinien zur Förderung der Modernisierung von Gebäuden und Heizungssystemen sowie zum Ausbau des Fernwärmenetzes. Der im Rahmen des Hotmaps-Projekts durchgeführte Planungsprozess hat auch die Verbindungen zwischen der Stadt und dem örtlichen Versorgungsunternehmen Mainova gestärkt, was zu konkreten Projekten wie der Wärmerückgewinnung aus einem Rechenzentrum führen wird.

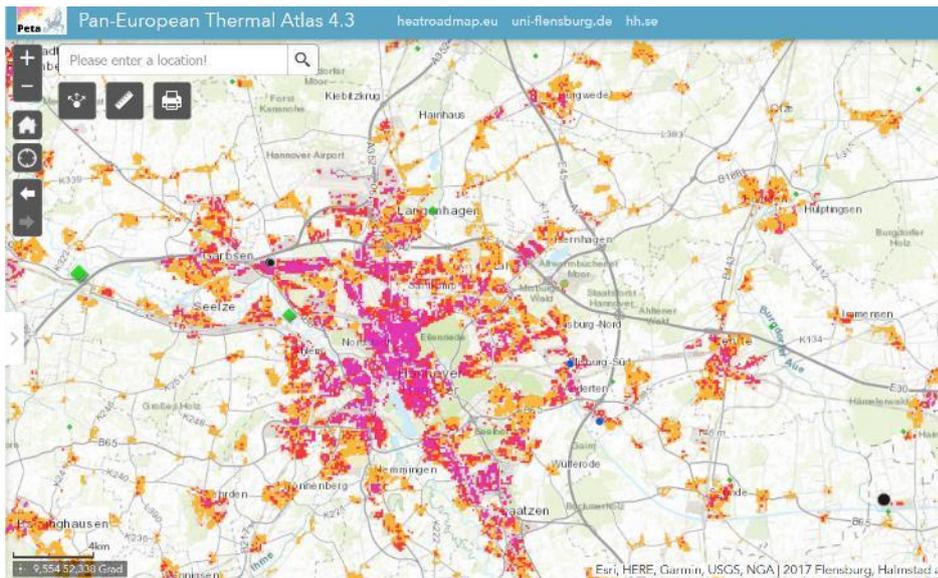
4.2 Der Pan-European Thermal Atlas als Cloud Ressource

Mit dem Pan-European Thermal Atlas (Peta) steht den europäischen Wärmeplanern eine interaktive Karte zur Verfügung, die eine schnelle und zunächst grobe Überprüfung der in den Regionen verfügbaren thermischen Ressourcen und des Wärmebedarfs ermöglicht (Heat Roadmap Europe et al., 2018). Der Atlas verwendet offen zugängliche räumliche Geodaten der Europäischen Kommission, der Europäischen Umweltagentur und von Eurostat.

Der Wärmeatlas informiert über einige Abwärmequellen, verschiedene Potenziale für erneuerbare Energiequellen wie Solarthermie, Geothermie und die relative Zugänglichkeit von Biomasse. Auch der Zugang zu Oberflächen- und Abwasser für Wärmepumpen und die Verfügbarkeit von Biomasserückständen aus der Land- und Forstwirtschaft wurde kartiert und aufbereitet, so dass sich ein Potenzial für Fernwärmegebiete abschätzen lässt.

Die Potenziale für Fernwärme wurden in Bezug auf die zu erwartenden Kosten der Infrastruktur und Verfügbarkeit von überschüssiger Wärme und erneuerbarer Energie sowie die geographische Lage quantifiziert. Dies geschah mit Hilfe von Kosten-Versorgungs-Kurven, die einen mathematischen Zusammenhang zwischen der Versorgung mit Fernwärme und den durchschnittlichen oder marginalen, annualisierten Investitionskosten in Wärmeverteilnetze herstellen.

Abbildung 5: Pan-European Thermal Atlas, Ausschnitt Hannover incl. Abwärmquellen



Quelle: Pan-European Thermal Atlas (Heat Roadmap Europe et al., 2018)

Beispiel für die Suche nach Abwärmquellen mit dem PETA

Welche Abwärmepotenziale aber gibt es in oder um Hannover? Der Pan European Thermal Atlas führt folgende Potenziale auf (Heat Roadmap Europe et al., 2018), die von anderen Akteuren aber oft kleiner eingeschätzt werden:

- Holcim Deutschland AG, Werk Höver, Zementherstellung, theoretisches Abwärmepotenzial nach PETA sehr hoch (ca. 500 GWh/a), nach Angabe von Holcim können allerdings nur 5-10 MW Abwärme über 6.500 - 7.500 h/a zur Verfügung gestellt werden (32 – 75 GWh/a) (Jantzen, 2021).
- HeidelbergCement AG Zementwerke Hannover, theoretisches Abwärmepotenzial nach PETA ebenfalls sehr hoch, real könnte das Potenzial in derselben Größenordnung wie bei Holcim kleiner liegen,
- Klärwerk Langenhagen, theoretisches Abwärmepotenzial nach PETA unter der Annahme einer Wärmepumpe mit einer Leistungszahl von 3,0 ca. 80 GWh/a,
- Klärwerk Hannover Herrenhausen, theoretisches Abwärmepotenzial nach PETA unter der Annahme einer Wärmepumpe mit einer Leistungszahl von 3,0 ca. 400 GWh/a.

Die Stadt Hannover ließ schon im Jahr 2013 im Rahmen des Masterplanprozesses eine Reihe von Abwärmquellen untersuchen. Aufgeführt ist in der Studie die heute bereits ans Wärmenetz angeschlossene Abfallverbrennungsanlage Lahe mit einer Leistung von 30 MW, aus der sich eine theoretische jährliche Wärmemenge von ca. 250 GWh errechnen lässt (Kahle, Liebermann, Mölle, Rohrsen & Würz, 2013, S. 48). Enercity dokumentierte eine zu erwartende Wärmemenge aus Lahe von ca. 300 GWh/a (Philipp, 2018). Das Klärwerk Herrenhausen ist in der Studie mit einer nutzbaren Wärme-

menge von ca. 140 GWh/a aufgeführt, die mit einer Wärmepumpenanlage auf eine nutzbare Netztemperatur gebracht werden müssten (Kahle et al., 2013, S. 52). Nimmt man hierfür eine Arbeitszahl von ca. 3,0 an, so wäre eine Wärmemenge von ca. 200 GWh/a nutzbar, was nur ungefähr halb so viel ist wie der in PETA angegebene Wert.

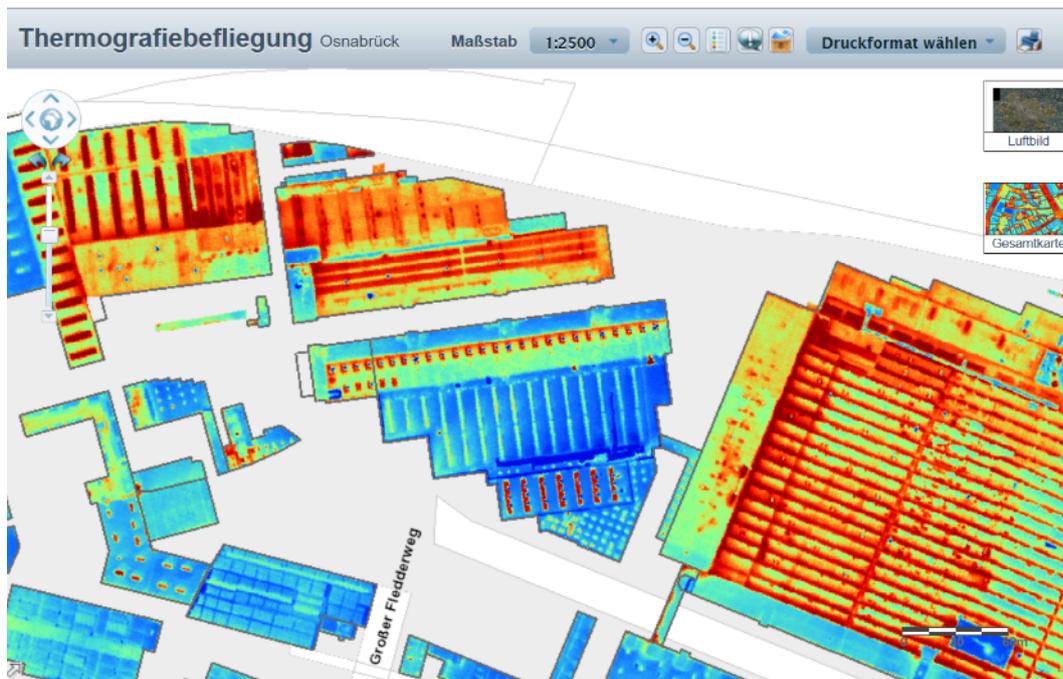
Insgesamt erscheint die verfügbare Abwärmemenge als nicht fossile Wärmequelle sehr interessant und wird trotz der Inkonsistenzen der verschiedenen Zahlenwerte weiter zu prüfen sein. Der Pan European Thermal Atlas scheint dabei nicht unbedingt realistische Werte zu liefern, ist aber eine gute Quelle, um nach Abwärmequellen zu suchen.

4.3 Optische und Thermographie-Überfliegungen

Durch die Überfliegung von Gebäudebeständen oder Quartieren mit Kameras in Flugzeugen oder Drohnen können optische Daten unterschiedlicher Wellenlänge gewonnen werden. Im Bereich des sichtbaren Lichtes entstehen so Luftbilder, deren KI-Auswertung die genaue Lage, Größe, Geschossigkeit und Art von Gebäuden erkennen lässt bzw. erkennen lassen kann. Außerdem werden im Bereich des infraroten Lichtspektrums Abstrahlungen von Wärme und spezifische Wärmeherde sichtbar. Es können also Darstellungen von wärmeeffizienten und -ineffizienten Gebäuden sowie bei entsprechender Expertise Sanierungsbedarfe vorgenommen werden

Die Stadt Osnabrück ließ in der Nacht zum 19. Februar 2015 eine Thermografieüberfliegung durchführen (Stadt Osnabrück, 2015), deren Daten in einer interaktiven Karte zugänglich sind. Die Stadt und die Stadtwerke Osnabrück sowie die Verbraucherzentrale Osnabrück wollten mit der Überfliegung Bürgerinnen und Bürger für das Thema Energieeffizienz sensibilisieren. Ungedämmte Bereiche der Dächer in der Stadt lassen sich darauf erkennen. U.U. können auch solche Karten, wenn sie mit Fachkenntnis gelesen werden, Abwärmequellen erkennbar machen.

Abbildung 6: Ausschnitt VW-Hallen der Interaktiven Karte der Überflieger in Osnabrück



Quelle: Stadt Osnabrück (2015)

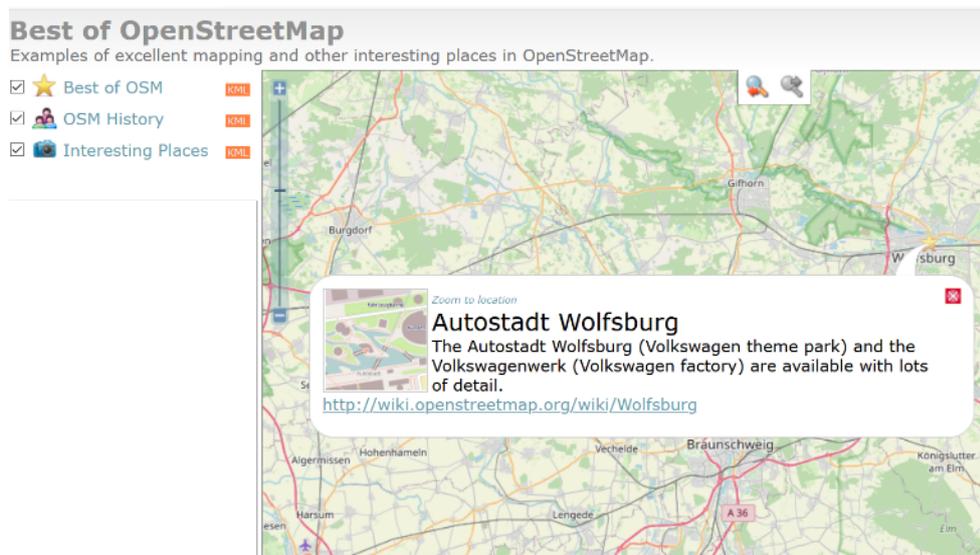
Nach demselben Prinzip der Messung von Infrarotstrahlung spüren die Flensburger Stadtwerke mit Hilfe von Daten aus einer Überflieger Lecks im Fernwärmenetz auf (Flensburger Tageblatt, 2019).

Die Region Hannover ließ mit der Hilfe von durch einen Überflug generierten 3D-Laserscan-Daten ein Solarkataster erstellen, in welchem für jedes Gebäude in der Region die Dachneigung, -fläche und -ausrichtung ersichtlich sind (Landeshauptstadt und Region Hannover., 2020): „Im Rahmen der Analysen und Berechnungen wurden alle vorliegenden Dach(teil)flächen auf ihre Eignung für die Installation einer Photovoltaik- oder Solarthermieanlage untersucht. Zudem wurde für jede geeignete Fläche die maximal installierbare Leistung, der damit zu erzielende Strom- sowie Wärmeertrag und die rechnerische CO₂-Einsparung ermittelt.“

4.4 Crowd-Sourcing von Wärmedaten

Zunächst nur eine Idee ist das Crowd-Sourcing von Wärmedaten. So scheint es z.B. möglich, eine Website mit einer regionalen Karte auf Basis von Open-Street-Map anzulegen, auf der relevante Orte markiert werden können, also z.B. Abwärmequellen oder Potenzialflächen für die Gewinnung solarthermischer Energie auf größeren Flächen. So könnte Wissen und Beobachtungen aus der Bevölkerung zusammengetragen und für die Wärmeplanung nutzbar gemacht werden.

Abbildung 7: Beispiel eines markierten Ortes auf Open Street Map



Quelle: Open Street Map (2020)

Auch Daten zu Gebäuden wie die beheizte Fläche oder der Wärme- oder Kälteverbrauch könnten auf diese Weise kartenbasiert gesammelt werden.

5 Erste Schritte zu kommunalen Wärmeplänen

5.1 Datenbestände und Datensammlung

Am Beispiel der vom Hamburgischen Klimaschutzgesetz (Hansestadt Hamburg, 2020) genannten Datenkategorien lassen sich mögliche Datenbestände und Möglichkeiten zur Gewinnung von Daten auf-führen.

Tabelle 2: Mögliche Datenbestände und Datenquellen für die Wärmeplanung

Datenkategorien nach dem Hamburgischen Klimaschutzgesetz	Mögliche Datenbestände und Datenquellen					
	Kommunale Gebäudedatenbank	Bauakte	Gebäudetypisierungen	Cloud-basierte Daten und Crowdsourcing	Thermoüberfliegungen	Daten von Netzbetreibern und Energieversorgern
(1) Anschrift von Gebäuden (Straße, Hausnummer, Postleitzahl),	X					
(2) Nutzungsarten von Gebäuden,		X	X			
(3) Baujahre von Gebäuden,		X	X			
(4) Gebäudetypen,	X		X			
(5) Volumen, Grundfläche, Höhe, Geschosszahl und beheizte Flächen von Gebäuden,	X (teilweise)		X			
(6) Wärme- und Kälteenergieverbrauch von Gebäuden,			X	X		X
(7) Wärme- und Kälteenergiebedarf von Gebäuden,			X			
(8) energetischer Sanierungszustand von Gebäuden,			X		X	
(9) Art, Alter, Leistung sowie verwendete Energiequellen von Energieumwandlungsanlagen, ins-besondere Wärmeerzeugungsanlagen,			X	X		X
(10) Art, Alter, Lage, Leitungslänge, Durchmesser und Temperaturniveau von Ver- und Entsorgungsnetzen, einschließlich Hausanschlussleitungen,						X
(11) Zielwerte der Dekarbonisierungsfahrpläne nach § 10,						

(12) Abwärmepotenziale, insbesondere Lage, Leistung, Arbeit, Temperaturniveau und zeitliche Verfügbarkeit,				X		
(13) Dach- und Freiflächenpotenziale für die solare Energiegewinnung im Stadtgebiet.	X					

Die Stadtplanung unterhält eine **kommunale Gebäudedatenbank**, die auf verschiedene Datenbestände zugreifen kann. Über Hausnummer und eine zugeordnete ID werden Datenbanken verknüpft.

Die **Bauakte** wird vom zuständigen Bauamt geführt und enthält neben dem Schriftverkehr den Bauantrag (Baubeschreibung, Flächen- und Grundstücksgröße, Nachweis über Schall- und Wärmedämmung), Genehmigte Bauzeichnungen sowie Baupläne, Grundrisspläne, Statiken und Nachweise für Standsicherheit, die Fläche des Grundstückes, Baugenehmigungen und Informationen über Um- und Anbauten.

Im Vorfeld der Einrichtung von Sanierungsgebieten aber auch im Kontext von Bemühungen zum kommunalen Klimaschutz werden immer wieder systematische **Gebäudetypisierungen** durch einschlägige Ingenieurbüros erstellt.

Im Vorfeld der Aufstellung kommunaler Wärmepläne können auch **Cloud basierte Daten** wie z.B. die des Pan European Thermal Atlas wie auch **Crowd-Sourcing** eine Methode zum Sammeln von Daten sein. So könnten z.B. Gebäudeeigentümer gebeten werden, Daten wie die beheizte Fläche sowie den Wärme- oder Kälteverbrauch in ein kommunales Gebäuderegister einzutragen. Der Link dazu könnte mit der jährlichen Rechnung über die Grundsteuer zugestellt werden.

Mit künstlicher Intelligenz könnten auch Daten von Thermoüberfliegungen³ ausgewertet werden. Aus der Wärmeabstrahlung von Gebäuden könnten Informationen zur Gebäudegröße, zur Energieeffizienz oder auch zu Quellen industrieller Abwärme ableitbar sein.

Über wesentliche Daten verfügen auch Netzbetreiber und Energieversorger. Sie sollten für die kommunale Wärmeplanung Daten zur Struktur von Wärme- und Erdgasnetzen bereitstellen und auch anonymisierte Kundendaten, z.B. für jede Straße gemittelt, könnten wertvolle Informationen liefern, in welchem Ortsviertel welche Menge und welcher Anteil an Heizöl, Erdgas oder Fernwärme eingesetzt wird.

5.2 Management der Wärmeplanung

Der Startpunkt des Managements der kommunalen Wärmeplanung ist, die Aufgabe überhaupt als kommunale Planungsaufgabe zu erkennen. So enthalten die Strukturdaten der Stadtteile und Stadtbezirke 2020 der Landeshauptstadt Hannover (2020) bisher nur folgende Informationen:

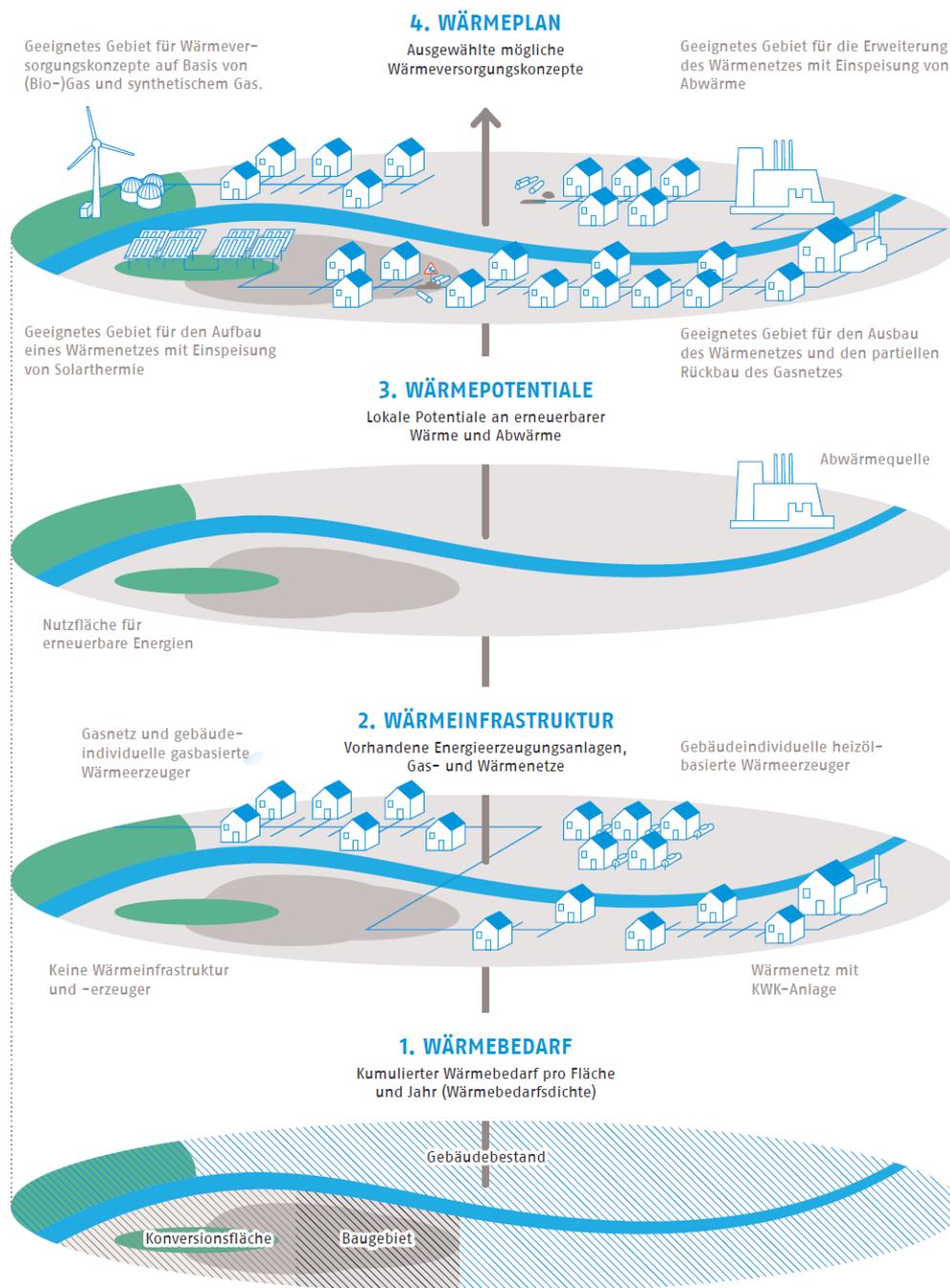
³ Vgl. https://www.geozentrum-hannover.de/DE/Themen/GG_Fernerkundung/Thermal_Fernerkundung/thermal_fe_inhalt.html?nn=1542238 vom 21.12.2020.

- Bevölkerung nach Stadtteilen und Stadtbezirken
- Bevölkerung mit Migrationshintergrund nach Stadtteilen und Stadtbezirken
- Wanderungen und natürliche Bevölkerungsbewegungen nach Stadtteilen und Privathaushalte nach Stadtteilen und Stadtbezirken
- Gebäude und Wohnungen nach Stadtteilen und Stadtbezirken
- Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Wohnort nach Stadtteilen und Arbeitslose nach Stadtteilen und Stadtbezirken
- Empfänger*innen von Transferleistungen zur Sicherung des Lebensunterhaltes
- Zugelassene Kraftfahrzeuge nach Stadtteilen und Stadtbezirken
- Verkehrsunfälle nach Stadtteilen und Stadtbezirken

Es wird ein starker Fokus auf Daten zur Bevölkerung, zu Wohnungen und Verkehr deutlich. Die Stichworte Energie und Wärme sucht man in diesem Dokument vergeblich. Zu den Gegenständen der Stadtplanung gehört die Raumplanung für Wohnen, Verkehr, Gewerbe und Freizeit. Das Thema Energie und Wärme ist bisher nicht sichtbar als Gegenstand der Stadtplanung etabliert. Der erste Schritt besteht daher darin, der Kommunalpolitik und dem Stadtplanungsamt die Verantwortung bewusst zu machen und ggf. für die Erledigung zusätzlicher Arbeiten die notwendige Stellenausstattung bereit zu stellen. Mit Blick auf die Herausforderung der Transformation zu Klimaneutralität muss an dieser Stelle sicherlich strategisch überlegt werden, welche Aufgaben für die Bewältigung dieser Herausforderung prioritär sind.

Der Verband kommunaler Unternehmen beschreibt die Wärmeplanung als vierstufigen Prozess (VKU, 2018, S. 26)

Abbildung 8: Stufen der Wärmeplanung nach VKU

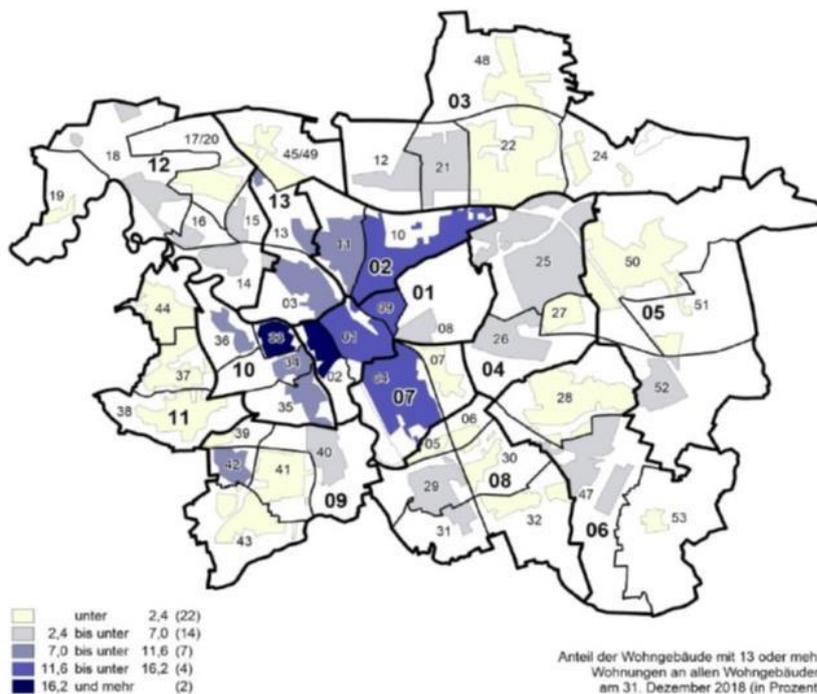


Quelle: Verband Kommunalen Unternehmen (2018, S. 26)

Die ersten Schritte auf dem Weg zum kommunalen Wärmeplan bestehen in der Analyse der verfügbaren Datenbestände, wobei der Planungsprozess zunächst auf Basis grober Daten erfolgen und dann nach und nach verfeinert werden sollte. Dabei ist immer von zwei Seiten gleichzeitig zu arbeiten. Einerseits sind die Gebäude und Industrieunternehmen als Energie- und Wärmeverbraucher in

den Blick zu nehmen, andererseits sind die verfügbaren Wärmequellen zu ermitteln und zu bewerten. Das eigentliche Ziel der Wärmeplanung besteht darin, eine quartiersübergreifende Strategie zur Verknüpfung von Wärmequellen und Wärmebedarfen dergestalt aufzustellen, dass die Wärmeversorgung des Ortes möglichst rasch, also z.B. bis 2035, ohne den Einsatz fossiler Energieträger erfolgen kann. Am Beispiel der Verteilung von Mehrfamilienhäusern in Hannover kann dies beispielhaft deutlich gemacht werden.

Abbildung 9: Anteil von Mehrfamilienhäusern mit 13 oder mehr Wohnungen in Hannover



Quelle: Landeshauptstadt Hannover (2020, S. 73)

Stadtbezirke wie die Südstadt (07) oder die Oststadt-List (02) weisen einen hohen Anteil von Mehrfamilienhäusern auf, was auf einen verdichteten Baubestand hindeutet. Die kommunale Wärmeplanung muss hier Aussagen darüber liefern, in welchem Ausmaß in diesen Stadtvierteln das Wärmenetz ausgebaut werden muss, um die Versorgung sämtlicher bisheriger Kunden von Erdgas oder Heizöl mit zu versorgen. Weiter ist die Frage zu beantworten, wie stark und wie schnell durch die Gebäudesanierung der Wärmebedarf gesenkt und mit welchen regenerativen Wärmequellen die notwendige Wärmemenge bereitgestellt werden kann.

In anderen Stadtvierteln wie z.B. Isernhagen-Süd (03) weist der sehr niedrige Anteil von Mehrfamilienhäusern auf einen wenig verdichteten Baubestand hin. Hier besteht die Aufgabe der Wärmeplanung darin zu ermitteln, wie stark und wie schnell durch die Gebäudesanierung der Wärmebedarf soweit gesenkt werden kann, dass die vollflächige Substitution der Gas- und Ölheizungen durch Wärmepumpen erfolgen kann.

Eine weitere Aufgabe der Stadtplanung besteht darin, die notwendigen Flächen zu ermitteln und planerisch zu sichern, die benötigt werden, um:

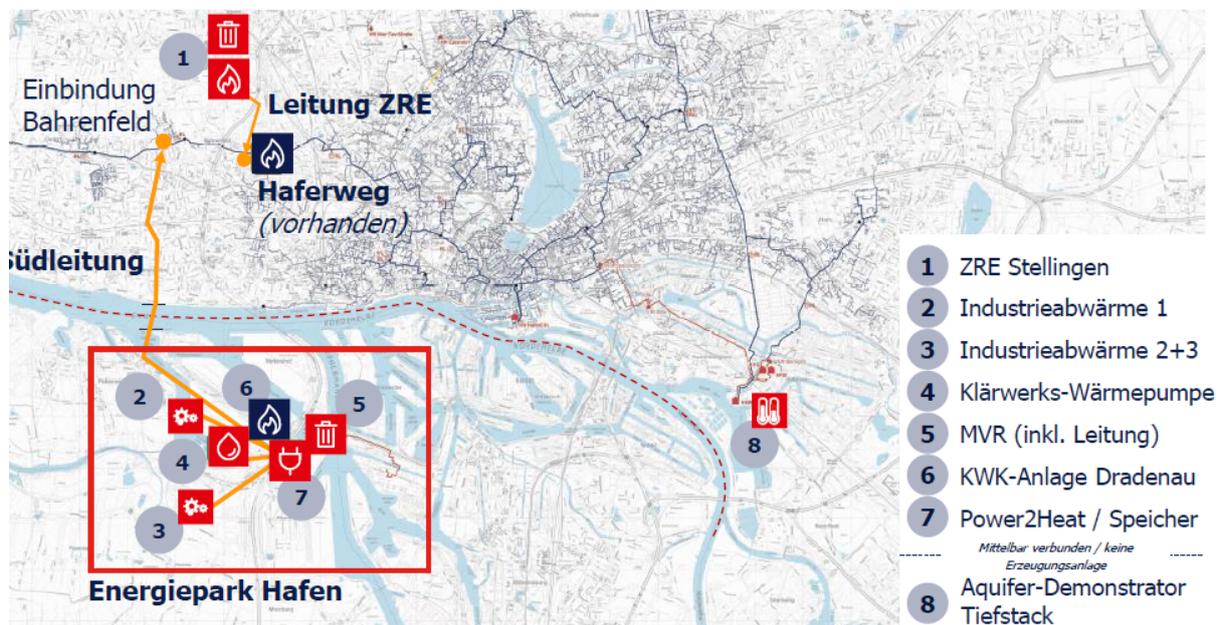
- Wärmenetze zu erweitern,
- Abwärmequellen an das Wärmenetz anzuschließen,
- geothermische Bohrungen niederzubringen,
- solarthermische Großanlagen und Saisonspeicher zu errichten.

Im politischen Diskurs sind auf dieser Basis Beschlüsse zu fassen, in welchen Stadtvierteln durch einen Anschluss- und Benutzungszwang der Anschlussgrad an das Wärmenetz zu erhöhen ist sowie in welchen Stadtvierteln energetische Sanierungsgebiete einzurichten sind, in welchen den Gebäudeeigentümern für einen begrenzten Zeitraum Hilfestellung dabei gegeben wird, ihre Gebäude fossilfrei zu bekommen.

5.3 Energieparks

Besondere Aufmerksamkeit kommt nicht nur der raumplanerischen Abbildung des Wärmebedarfs zu, sondern der auch raumplanerischen Thematisierung von Wärmequellen. Hamburg z.B. versucht die Investitionen in Wärmeleitungen, die der Versorgung mit Wärme dienen, zu reduzieren, indem im Hafen ein „Energiepark“ geplant wird, in dem verschiedene Wärmequellen synergetisch erschlossen und vernetzt werden (Warmuth, 2020).

Abbildung 10: Gesamtkonzept „Energiepark Hafen“ Hamburg



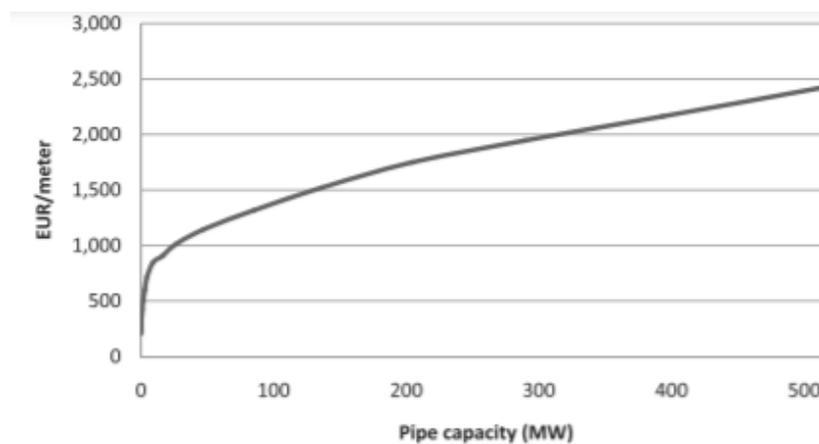
Quelle: Warmuth (2020, S. 6)

In ähnlicher Weise konzentriert Hannover im Nordosten der Stadt Wärmequellen ebenfalls als eine Art „Energiepark“. So wird direkt neben der Anfang 2020 ans Wärmenetz angeschlossenen Abfallverbrennungsanlage bis 2023 die Klärschlammverbrennung errichtet. Weiter würde sich anbieten, zukünftig in der Nähe die im Nordosten der Stadt vermuteten Geothermieressourcen zu erschließen

und auf dem Gelände der ehemaligen Mülldeponie zu prüfen, ob das Gelände für die solare Energiegewinnung geeignet ist. Weiter scheint denkbar, die Wärmeleitung zur ehemaligen Abwärmequelle in Form des 2016 geschlossenen Reifenrußwerkes der Columbian Carbon mit einer jährlichen Wärmemenge von 120 GWh (Kahle et al., 2013, S. 49) bis zu den Zementwerken in Misburg und Höver um einige Kilometer zu verlängern und damit die Abwärme aus der Zementproduktion nutzbar zu machen.

Die Planung von Energieparks ist deshalb sinnvoll, weil die Kosten einer Wärmeleitung mit ihrer Kapazität günstiger werden (Nielsen, 2014, S. 357).

Abbildung 11: Zusammenhang der Kosten pro Meter Wärmeleitung und der Wärmetransportkapazität



Quelle: Nielsen (2014, S. 357)

5.4 Flächen für die große Solarthermie

Die große Solarthermie wird gegenwärtig von vielen Akteuren der lokalen Wärmepolitik als eher problematisch gesehen, was mit der begrenzten Flächenverfügbarkeit sowie dem für eine Nutzung erforderlichen Temperaturniveau begründet wird, welches zumindest zur vollständigen Entleerung eines Saisonspeichers den Einsatz von Wärmepumpen erforderlich macht. Diese sind in Deutschland aufgrund der hohen, politisch gegenwärtig noch so gewollten Strompreise teuer im Betrieb. Hinzu kommt die zeitliche Diskrepanz zwischen dem höchsten Aufkommen von solarer Energie im Sommer und der hohen Wärmenachfrage im Winter, die in vielen Fällen Saisonspeicher erforderlich machen wird. Damit dürfte Solarthermie besonders in den Wärmenetzen sinnvoll sein, in denen nur eine geringe sommerliche Grundlast aus Abwärme verfügbar ist. Der Handlungsleitfaden „Kommunale Wärmeplanung“ des Landes Baden-Württemberg (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2021, S. 89) sieht als eine der stadtplanerischen Aufgaben zur Umsetzung des Wärmeplans die „Sicherung von Freiflächen für solarthermische Anlagen in Siedlungsnähe als Kleinbiotop“.

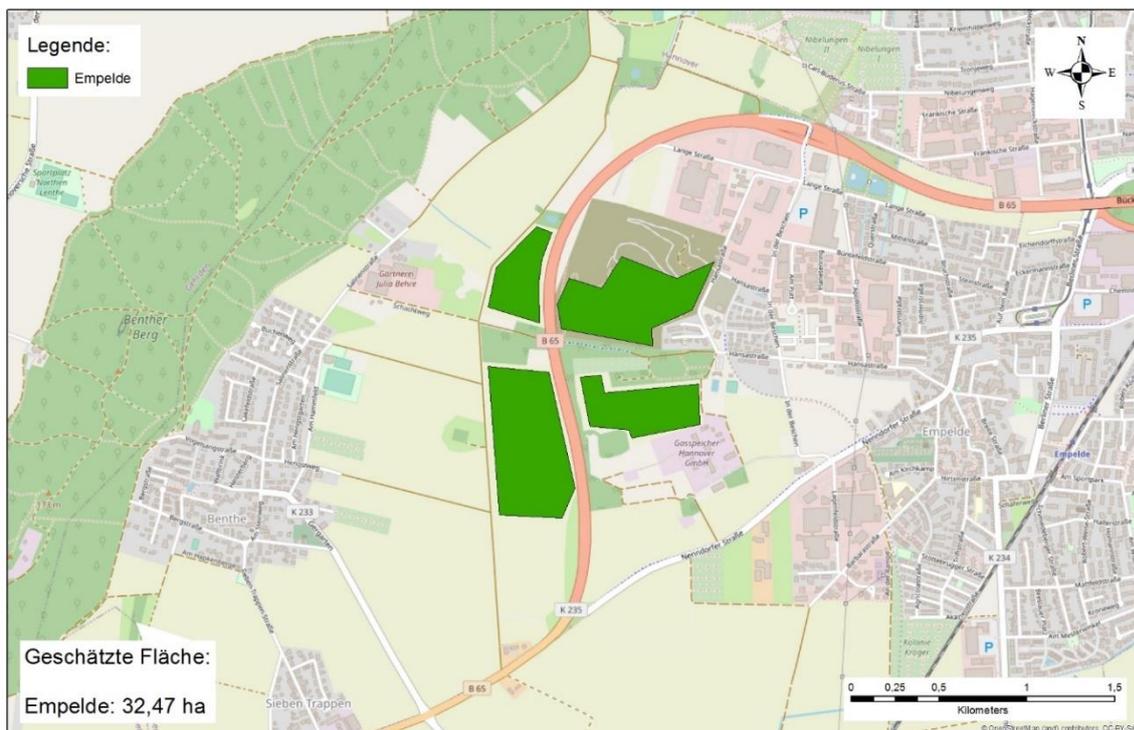
Unter Beteiligung von Studierenden der Geografie wurde von Borderstep am 16.12.2020 ein Brainstorming durchgeführt, welches auf Basis von Satellitenbildern der Landeshauptstadt Hannover nach denkbaren Potenzialflächen für Solarthermie suchen sollte. Ziel war dabei nicht, konkrete Vorschläge

für Hannover zu machen, sondern mögliche Flächen beispielhaft aufzuzeigen. Das Ergebnis lässt drei Typen von Flächen erkennen:

Dachflächen von Industriegebäuden und Hallen, die (im Nachhinein) unter Nutzung von geographischen Informationssystemen auf ca. 53 Hektar im Fall der Messehallen, auf ca. 41 Hektar im Fall der Produktionshallen von Volkswagen Nutzfahrzeuge, 16 Hektar im Fall der Hallen von Continental Stöcken und weitere 16 Hektar im Falle von Hallen im Umfeld des ehemaligen Hanomag-Geländes vermessen wurden. Insgesamt summieren sich die großen Dächer auf über 120 Hektar Fläche, also ca. 1,2 km². Die technische Nutzbarkeit dieser Dächer, da die Aufdachmontage technischer Anlagen sowie das Tragen der Windlasten baustatisch zum Zeitpunkt der Errichtung sicher nicht vorgesehen war, dürfte kaum gegeben sein. Mit Blick auf die potenziell großen Flächen solcher Hallen wäre aber zu überlegen, dass für zukünftige Bauvorhaben die kommunale Wärmeplanung entsprechende Vorschläge bzw. Vorschriften machen könnte.

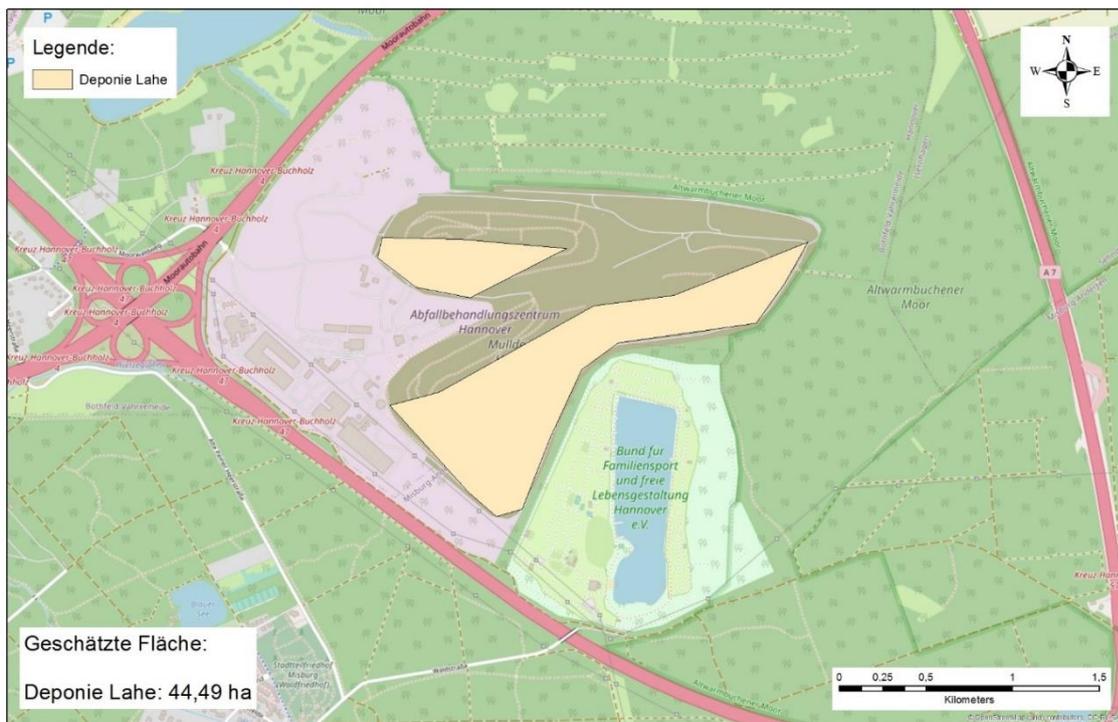
Flächen an und im Umfeld der Deponien und Abraumhalden in Lahe, Empelde und Ronnenberg. Unter Einbezug einiger landwirtschaftlicher Flächen in ließen sich in Empelde etwa 32 Hektar nutzen, in Ronnenberg ca. 37 Hektar und in Lahe bis zu 45 Hektar, also in Summe knapp 110 Hektar bzw. 1,1 km².

Abbildung 12: Mögliche Solarthermieflächen am Beispiel der Abraumhalde Empelde



Quelle: Borderstep

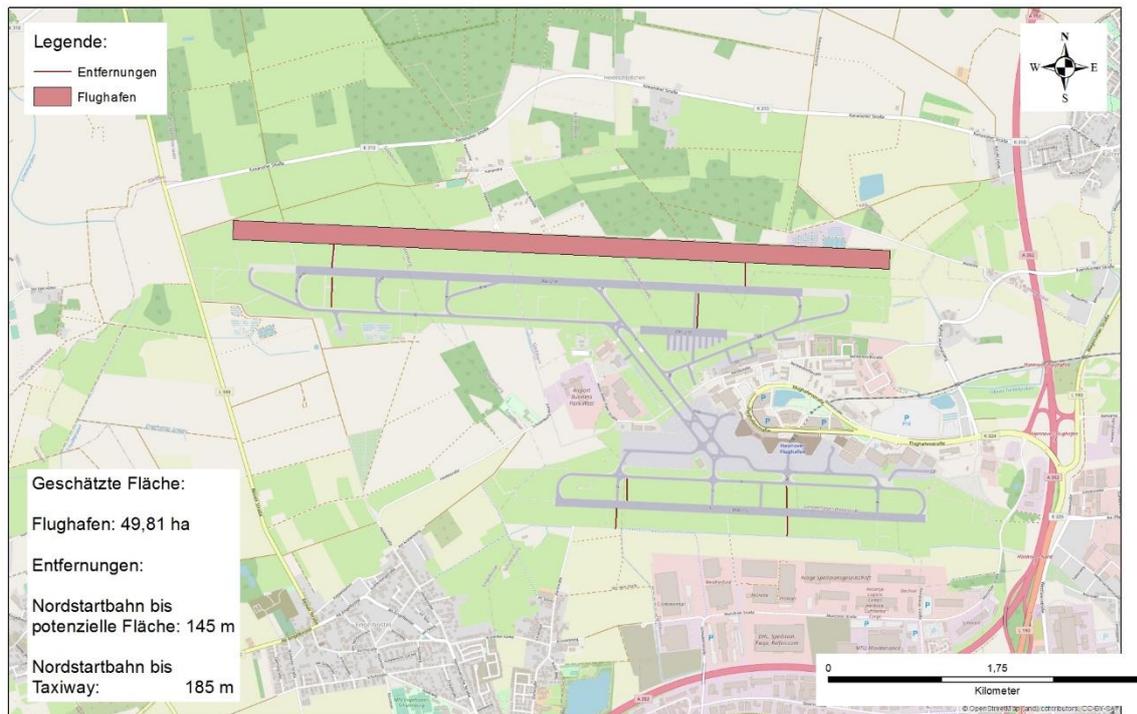
Abbildung 13: Mögliche Solarthermieflächen am Beispiel der Deponie Lahe



Auch die Nutzung dieser Flächen ist problematisch. Zum einen ist statisch zu klären, ob und wie solarthermische Kollektoren oberhalb der Abraumphalden dauerhaft standsicher montiert werden können und wie sie ausgerichtet werden müssen, um nicht weithin reflektierend oder gar blendend zu sein. Da bereits PV-Anlagen auf Deponien in Betrieb genommen wurden, ein Beispiel ist die Reesberg-Deponie bei Herford (Westfalen Blatt, 2020), scheint das Problem mit der Statik lösbar. Mit Blick auf die angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen ist darüber hinaus zu klären, wie weit eine Doppelnutzung in einer Art Agro-Solarthermie in Frage kommt (Ökolandbau.de, 2020). Sollte eine solche Doppelnutzung nicht in Frage kommen, sind Flächen im Norden und Osten der Stadt für solarthermische Kollektoren besser geeignet, da hier die Bodenfruchtbarkeit geringer ist, sodass für die Gewinnung von Solarenergie ein niedrigerer Raumwiderstand angenommen wird (Badelt et al., 2020, S. 72ff).

Eine weitere Fläche von knapp 50 Hektar könnte erschlossen werden, wenn in einem Abstand von 145 m neben der **Startbahn Nord des Flughafens** eine Solarthermieanlage errichtet werden könnte.

Abbildung 14: Mögliche Solarthermieflächen neben der Startbahn Nord des Flughafens Langenhagen



Bei vollständiger Betrachtung sind die dokumentierten Flächen deutlich über 250 Hektar bzw. 2,5 km² groß. Mit einer Wärmeerzeugung von ca. 250 GWh/km² (Clausen, 2020, S. 21) wäre auf dieser Fläche theoretisch die Gewinnung einer Wärmemenge von ca. 600 GWh/a möglich. Die Eignung dieser Flächen ist gegenwärtig nicht eindeutig zu klären. Die hier aufgeführten Beispiele sollen daher zum einen dazu dienen, die Phantasie bei der Flächensuche anzuregen, zum anderen aber auch deutlich machen, dass ähnlich wie Gewerbeflächen auch „Energieflächen“ ihren Platz in der langfristigen Stadt- und Raumplanung haben sollten.

Sowohl die Erschließung der Abwärme aus den Zementwerken wie die Errichtung von Solarthermischen Anlagen bedingt letztlich die Errichtung geeigneter Saisonspeicher, um die primär im Sommer anfallende Solarwärme wie auch die im Sommer anfallende Abwärme speichern und in der Heizperiode nutzen zu können. Auch die Fläche für Saisonspeicher ist ggf. planerisch vorzuhalten. Insgesamt sei an dieser Stelle nochmals erwähnt, dass die Frage der saisonalen Optimierung der Wärmequellen eine nicht zuletzt unter Kostengesichtspunkten hohe Bedeutung zukommt.

5.5 Akteure der Wärmeplanung

Es liegt nahe, die Aufgabe der Wärmeplanung in den Kommunen zu verorten. In den Stadtplanungsämtern wird ohnehin vieles geplant, die Planung der Wärmeversorgung wäre hier fachlich anschlussfähig. Der Leitfaden Kommunale Wärmeplanung (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2021, S. 85) sieht hier aber eher eine kooperative Aufgabe, bei der die Stadtplanung im Zentrum steht zu der aber mindestens vier Institutionen beitragen sollten:

- Stadtplanung und -entwicklung,
- Umweltschutz / Klimaschutz / Energie,
- Stadtwerke und Eigenbetriebe (Energieversorgungsunternehmen, Wasserversorgung, Wohnungsbau),
- Energieplanung / Energiemanagement.

Es ist zu bedenken, dass das Themengebiet von Wärmebedarfen und Wärmepotenzialen thematisch nur begrenzt an das Gros der stadtplanerischen Aufgaben anschlussfähig ist. Da der Klimawandel und damit auch die Erstellung von Wärmeplänen drängen, sei an dieser Stelle ein dreistufiges Verfahren der Wärmeplanung vorgeschlagen:

In einer ersten Stufe könnte es hilfreich sein, wenn auf Kommunen spezialisierte Anbieter der Datenverarbeitung wie z.B. die Kommunale Datenverarbeitung Oldenburg oder die HannIT die vorliegenden Softwarepakete wie z.B. Hotmaps (vgl. Abschnitt 4.1) oder den Pan European Thermal Atlas (vgl. Abschnitt 4.2) in eine Cloud-Lösung integrieren. Diese Cloud-Lösung sollte mit den ohnehin schon vorhandenen planerischen GIS-Daten und Planungstools vernetzt sein und diese wo immer sinnvoll nutzen bzw. ergänzen.

In einer zweiten Stufe wäre zu erwägen, einen ersten Wärmeleitplan durch einschlägige Spezialisten als externe Dienstleister erarbeiten zu lassen, die es gewohnt sind, die hier fachlich wichtigen Daten in Beziehung zu setzen und zu bewerten (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2021, S. 85). Sie könnten einen Vorschlag zu einem kommunalen Wärmeleitplan aller Voraussicht nach schneller erstellen, als wenn sich in jeder Kommune einzelne Mitarbeitende neu in dieses Aufgabengebiet einarbeiten. Sie wären auch geeignete Diskussionspartner, um den Weg des Wärmeleitplans durch den politischen Prozess zu begleiten und seine Inhalte zu begründen und abzusichern.

In einer dritten Stufe würden dann die Mitarbeitenden der beteiligten Organisationseinheiten der Kommune den Wärmeleitplan „übernehmen“ und im Detail umsetzen. Sie würden also z.B. dafür sorgen, dass die in Zukunft erstellten Bebauungspläne im Einklang mit der Wärmeleitplanung aufgestellt werden. Weiter würden sie dafür sorgen, dass die aufgrund des Wärmeleitplans zusätzlich notwendigen Planungsprozesse, wie z.B. rund um den Bau eines neuen Wärmenetzes, aufgenommen und zügig abgeschlossen werden.

Zur Revision der Planung, z.B. nach einem fünfjährigen Zeitraum, wären ggf. wieder externe Spezialisten hinzuzuziehen.

In Landkreisen wäre zusätzlich die Frage zu stellen, ob die Aufgabe der „Spezialisten“ nach und nach von Fachleuten aus der Kreisverwaltung übernommen und für alle Kommunen des Kreises ausgeführt wird. Ähnlich könnte auf Ebene der Bundesländer Unterstützung für die kreisfreien Städte organisiert werden. So bestände die Chance, sich durch wiederholte Bearbeitung solcher Fragestellungen entsprechend tief in das Sachgebiet einzuarbeiten.

6 Quellen

- Aalborg University. (2010). *Varmeplan Danmark 2010*. (S. 23). Aalborg: Aalborg University. Zugriff am 23.9.2020. Verfügbar unter: <https://www.forskningsdatabasen.dk/en/catalog/2389386760>
- Agora Energiewende. (2019). *Wie werden Wärmenetze grün?*. Berlin. Zugriff am 3.2.2020. Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2019/Waermenetze/155_Waermenetze_WEB.pdf
- Badelt, O., Niepelt, R., Wiehe, J., Matthies, S., Gewohn, T., Stratmann, M. et al. (2020). *Integration von Solarenergie in die niedersächsische Energielandschaft (INSIDE)*. Hameln.
- Bundgaard, S. S. (2015). *Evaluering af SEP puljen og Superpuljen*. (S. 109). Kopenhagen: Ea Energianalyse.
- Chittum, A. & Østergaard, P. A. (2014). How Danish communal heat planning empowers municipalities and benefits individual consumers. *Energy Policy*, 74, 465–474. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.08.001>
- Clausen, J. (2020). *Regenerative Wärmequellen. Wärmepotentiale zur Versorgung der Landeshauptstadt Hannover*. Berlin: Borderstep Institut.
- Danish Energy Agency. (2012). *Varmeprisanalyse*. Studie. Kopenhagen: Forsyningstilsynet. Zugriff am 16.8.2020. Verfügbar unter: <https://forsyningstilsynet.dk/media/5192/varmeprisanalyse.pdf>
- Die Bundesregierung. (2020, August 8). *Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze*. Zugriff am 27.10.2020. Verfügbar unter: [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&bk=Bundesanzeiger_BGBI&start=//*\[@attr_id=%27bgbl107s1519.pdf%27\]#__bgbl__%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl120s1728.pdf%27%5D__1603811241858](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&bk=Bundesanzeiger_BGBI&start=//*[@attr_id=%27bgbl107s1519.pdf%27]#__bgbl__%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl120s1728.pdf%27%5D__1603811241858)
- EA Energianalyse. (2017). *Konkurrenceanalyse af fjernvarmesektoren*. Studie. København.
- Energitilsynet. (2018). *Årsager til Udviklingen i Varmepriiserne – December 2014 til December 2017 og December 2016 til December 2017*. Kopenhagen.
- Eurostat. (2019). Gas prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards). Zugriff am 25.4.2019. Verfügbar unter: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrq_pc_202&lang=en
- FIF Marketing. (2016). *Fjernwarmens Image*.
- Flensburger Tageblatt. (2019, März 18). So spüren die Flensburger Stadtwerke Lecks im Fernwärmenetz auf – Quelle: <https://www.shz.de/23028402> ©2020. SHZ.de. Zugriff am 23.12.2020. Verfügbar unter: <https://www.shz.de/lokales/flensburger-tageblatt/so-spueren-die-flensburger-stadtwerke-lecks-im-fernwaerme-netz-auf-id23028402.html>
- Forum Energii, Agora Energiewende & DBDH. (2018). *Good heating practices from Denmark and Germany. Conclusions for Poland*. Warschau. Zugriff am 25.4.2019. Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Partnerpublikationen/2018/Forum_Energii_Good_heating_practices_from_Denmark_and_Germany/Good_heating_practices_en_final.pdf
- Hansestadt Hamburg. (2020, Februar 20). *Hamburgisches Gesetz zum Schutz des Klimas (Hamburgisches Klimaschutzgesetz - HmbKliSchG)*. Zugriff am 6.3.2020. Verfügbar unter: <http://www.landesrecht-hamburg.de/jportal/portal/page/bshaprod.psm1?showdoccase=1&st=null&doc.id=jlr-KlimaSchGHA2020rahmen&doc.part=X&doc.origin=bs>

- Heat Roadmap Europe, Europa Universität Flensburg & Högskolan Halmstad. (2018). Pan-European Thermal Atlas 4.3. Zugriff am 31.12.2020. Verfügbar unter: <https://heatroadmap.eu/peta4/>
- Hotmaps-Projekt. (2020). *Die Hotmaps-Toolbox. Unterstützung für die strategische Wärme- und Kälteplanung auf lokaler Ebene*. Europa. Zugriff am 22.12.2020. Verfügbar unter: <https://www.hotmaps-project.eu/strategic-heatingcooling-planning-with-hotmaps/>
- International Energy Agency (IEA). (2014). Heat Supply Act Denmark. IEA. Zugriff am 24.4.2019. Verfügbar unter: <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/denmark/name-21778-en.php>
- Jantzen, E. (2021, Januar 25). E-Mail Abwärmenutzung Holcim Höver.
- Kahle, M., Liebermann, A., Mölle, B., Rohrsen, J. & Würz, M. (2013). *Baustein regenerative Wärme zur klimaneutralen Region Hannover*. Hemmingen. Zugriff am 31.12.2019. Verfügbar unter: <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Umwelt-Nachhaltigkeit/Klimaschutz-Energie/Klimaschutzregion-Hannover/Masterplan-100-f%C3%BCr-den-Klimaschutz/Ergebnisse>
- Landeshauptstadt Hannover. (2020). *Strukturdaten der Stadtteile und Stadtbezirke 2020*. Hannover. Zugriff am 22.12.2020. Verfügbar unter: <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Politik/Wahlen-Statistik/Statistikstellen-von-Stadt-und-Region/Statistikstelle-der-Landeshauptstadt-Hannover/Strukturdaten-der-Stadtteile-und-Stadtbezirke>
- Landeshauptstadt Hannover, Region Hannover. (2014). *100 % für den Klimaschutz. Klimaneutrale Region 2050*. Hannover. Zugriff am 26.12.2019. Verfügbar unter: <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Umwelt-Nachhaltigkeit/Klimaschutz-Energie/Klimaschutzregion-Hannover/Masterplan-100-f%C3%BCr-den-Klimaschutz/Ergebnisse>
- Landeshauptstadt und Region Hannover. (2020). Das Solarkataster für Hannover. *Hannover*. Zugriff am 23.12.2020. Verfügbar unter: <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Umwelt-Nachhaltigkeit/Klimaschutz-Energie/Akteure-und-Netzwerke/Klima-Allianz-Hannover/Hannover-auf-Sonnenfang/Das-Solarkataster-f%C3%BCr-Hannover>
- Landtag von Baden-Württemberg. (2020, 10). *Gesetz zur Weiterentwicklung des Klimaschutzes in Baden-Württemberg*. Zugriff am 21.12.2020. Verfügbar unter: https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP16/Drucksachen/8000/16_8993_D.pdf
- Langbak Hansen, L. (2017, Januar 25). District heating in regionale and local Energy Planning. In: Webinar: Renewable district heating and local heat planning. Zugriff am 6.10.2017. Verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=f7ChsRgSIBA>
- Ministerium für Energiewende. (2014). *Die kommunale Wärmeplanung*. Kiel: Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein. Zugriff am 23.12.2020. Verfügbar unter: https://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/V/Service/Broschueren/Broschueren_V/Umwelt/pdf/FlyerKommunaleWaermeplanung.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (2021). *Kommunale Wärmeplanung. Handlungsleitfaden*. Stuttgart. Zugriff am 12.2.2021. Verfügbar unter: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/publikation/did/handlungsleitfaden-kommunale-waermeplanung/>
- Nielsen, S. (2014). A geographic method for high resolution spatial heat planning. *Energy*, 67, 351–362. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.12.011>
- Nielsen, S. (2020, Oktober 5). Barmarksværk.

- Ökolandbau.de. (2020, Januar 15). Agrophotovoltaik: Acker und Solarenergie optimal kombinieren. Zugriff am 13.7.2020. Verfügbar unter: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/betrieb/oekonomie/diversifizierung/agrophotovoltaik-acker-und-solarenergie-optimal-kombinieren/>
- OK-Power. (2020, November 2). Schleswig-Holstein will bei Klimaschutz nachschärfen. *OK-Power*. Zugriff am 23.11.2020. Verfügbar unter: <https://www.ok-power.de/infothek-lexikon/news/schleswig-holstein-will-bei-klimaschutz-nachschaerfen.html>
- Open Street Map. (2020). Best of Open Street Map. Zugriff am 23.12.2020. Verfügbar unter: <https://bestofosm.org/>
- Philipp, R. (2018, Januar 9). Grüne Fernwärme für Hannover kommt. *Energy From Waste*. Zugriff am 21.1.2021. Verfügbar unter: <https://www.eew-energyfromwaste.com/de/news/presse/detail/news/gruene-fernwaerme-fuer-hannover-kommt.html>
- Rahmstorf, S. (2019, Oktober 20). Emissionsbudget Darum schweigt die Bundesregierung zur wichtigsten Zahl beim Klimaschutz. *Spiegel Online*. Zugriff am 16.11.2019. Verfügbar unter: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/emissionsbudget-zur-wichtigsten-zahl-beim-klimaschutz-schweigt-die-regierung-a-1292033.html>
- Sandberg, E. (2004). *Fjärrvärme i Småhusområden*.
- Sperling, K., Hvelplund, F. & Mathiesen, B. V. (2011). Centralisation and decentralisation in strategic municipal energy planning in denmark. *Energy Policy*, 39, 12.
- Stadt Aarau. (2013). *Kommunaler Energieplan*. Aarau. Zugriff am 20.3.2020. Verfügbar unter: https://www.aarau.ch/public/upload/assets/3871/Kommunaler_Energieplan_Bericht.pdf
- Stadt Osnabrück. (2015). Ergebnisse der Thermografiebefliegung online. Zugriff am 23.12.2020. Verfügbar unter: <https://www.osnabrueck.de/thermografie/>
- Stadt Winterthur. (2013). *Kommunaler Energieplan Winterthur*. Winterthur. Zugriff am 20.3.2020. Verfügbar unter: http://stadtplan.winterthur.ch/system/docs/Energieplan/Energieplan_Bericht.pdf
- Umweltbundesamt. (2010). *Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Aktualisierte Ausgabe 2010*. Dessau-Rosslau: Umweltbundesamt (UBA).
- Umweltbundesamt. (2014). *Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Aktualisierte Ausgabe 2014*. Dessau-Rosslau: Umweltbundesamt (UBA). Zugriff am 5.8.2016. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umweltschaedliche_subventionen_2014_0.pdf
- Umweltbundesamt. (2016). *Umweltschädliche Subventionen in Deutschland*. Dessau-Roßlau. Zugriff am 13.1.2017. Verfügbar unter: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_fachbroschuere_umweltschaedliche-subventionen_bf.pdf
- VKU. (2018). *Kommunale Wärmende. Die Lösung liegt vor Ort!*. Berlin: Verband kommunaler Unternehmen. Zugriff am 23.12.2020. Verfügbar unter: https://www.vku.de/fileadmin/user_upload/180711_VKU_Broschuere_Waermewende_RZ-WEB.pdf
- Warmuth, B. (2020, 11). Standortvorteile nutzen! Hamburgs Wärmeversorgung bis 2030. Gehalten auf der 6. Abwärmefachtagung des BMU, Zoom.
- Westfalen Blatt. (2020, August 15). Photovoltaik-Anlage auf der Reesberg-Deponie fertig gestellt. 2400 Solarmodule produzieren Strom. *Westfalen-Blatt*. Zugriff am 1.2.2021. Verfügbar unter:

<https://www.westfalen-blatt.de/OWL/Kreis-Herford/Kirchlengern/4251450-Photovoltaik-Anlage-auf-der-Reesberg-Deponie-fertig-gestellt-2400-Solarmodule-produzieren-Strom>