

Nahwärme aus Biomasse?

Herausforderungen, Ansatzpunkte und Impulse für die Gestaltung dezentraler Wärmenetze in der Region Lübeck



Rainer Lucas

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Impressum

Herausgeber:

Projektverbund VorAB
www.vorab.online

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
www.wupperinst.org

Titelbild: Biogasanlage in Zarrentin-Neuhof mit angeschlossenem Nahwärmenetz, Fertigstellung 2009.
Bildnachweis: Rainer Lucas

Wuppertal, April 2024

VorAB Diskussionspapiere sind eine fortlaufende Reihe von Projektveröffentlichungen, die auf der Projektwebsite erscheinen: <https://vorab.online/downloads/publikationen/>

Das Vorhaben VorAB wird mit Mitteln der Stadt-Land-Plus Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 033L220 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autor*innen.

Inhaltsverzeichnis

1 Hintergrund und Aufgabenstellung	4
2 Grundorientierungen einer auf regionale Potenziale orientierten Biomassestrategie	5
2.1 Konzeptionelle Überlegungen für einen mehr eigenständigen, regionalen Transformationspfad in der Wärmeversorgung	5
2.2 Systemische und regionale Resilienz in der Wärmeversorgung	6
2.3 Zielorientierungen einer nachhaltigen und resilienten Biomassestrategie Global	7
3 Status-quo der regenerativen Wärmeversorgung	9
3.1 Zur Bedeutung regenerativer Energieträger	9
3.2 Zur Bedeutung von Biogasanlagen in der Strom- und Wärmeversorgung	11
4 Ausgangsbedingungen für einen sektorübergreifenden Biomasseeinsatz in Schleswig-Holstein und der Region Lübeck	11
4.1 Analytische Grundlagen zur Ermittlung des regionalen Biomasse-Potenzials aus verschiedenen Sektoren	12
4.2 Einflussfaktoren auf das regionale Stoffstrommanagement	13
4.3 Neue Nutzungskonzepte für bestehende Biogasanlagen in der Landwirtschaft?	14
4.4 Ansatzpunkte in der kommunalen Abfallwirtschaft	16
4.5 Planerische Herausforderungen	17
5 Quartiersbezogene Wärmenetze und die Rolle der Biomasse	18
5.1 Blockheizkraftwerke (BHKWs) und Wärmenetze im Gebiet der Vereinigten Stadtwerke	18
5.2 Innovative Wärmenetz-Konzepte in anderen Städten und Gemeinden	21
5.3 Erste Schlussfolgerungen	23
6 Von der Planung zum Handeln – dezentrale Wärmekonzepte	24
6.1 Raumwirkung großer und kleiner Netze	24
6.2 Planerische Aspekte einer Nahwärmeplanung auf Biomassebasis	25
6.3 Planerische und wirtschaftliche Kontexte einer dezentralen Wärmewende	26
6.4 Netzwerkdesign, Themen und Beteiligungsstrukturen in einem Wärmedialog	27
6.5 Das Wärmewende-Management als unternehmerische Aufgabe	29
6.6 Wichtige Impulsfunktion des VorAB-Projektes	30
7 Literatur und Internetquellen	32

1 Hintergrund und Aufgabenstellung

Das Projekt VorAB befindet sich nach 3 Jahren in einer Umsetzungsphase, in der einzelne Maßnahmen in den Bereichen Wald, Landwirtschaft und Energie angestoßen werden sollen. Durch die Einbeziehung regionaler Akteure aus allen drei Bereichen entstanden im Transformationsfeld Energie Ideen und Ansätze, die auf eine Kooperation zwischen den Sektoren zielen. Konzeptionell wird ein Diskussionsstrang verfolgt, „Energie anders zu denken“ (Energieteam VorAB 2024), umsetzungsbezogen wird über die Realisierung kleinerer, dezentraler Wärmenetze in ländlichen Räumen nachgedacht (Winterfeld, Block, Wagner 2023) und es werden erste Überlegungen für eine regenerative Energieversorgung eines landwirtschaftlichen Betriebs (Domäne Fredeburg) angestellt (Block, Wagner, Kobiela 2022).

Ausgehend von diesen Ansätzen ergeben sich Fragen nach dem räumlichen, stofflichen und sozio-ökonomischen Bedingungsgefüge und dem übergeordneten Handlungsrahmen für die weitere Umsetzung im Kontext einer kommunalen Wärmewende. Hierbei wird auf die folgenden Fragestellungen fokussiert:

- Wie können strukturpolitische und soziokulturelle Ziele der Regionalentwicklung mit den systemischen Orientierungen der Nachhaltigkeit und der Resilienz konzeptionell verbunden werden?
- Welche Rolle spielen derzeit regenerative Energieträger in der regionalen Wärmeversorgung und welche Techniken kommen dabei zu Einsatz?
- Wie wird bei quartierbezogenen Wärmenetzen mit den unterschiedlichen Siedlungsstrukturen in städtischen und ländlichen Räumen umgegangen?
- Welche innovativen Lösungen existieren, um verschiedene Energieträger als Wärmequellen zu nutzen und durch eine flexible Betriebsführung mit Wärmespeichern die Versorgungssicherheit zu erhöhen?
- Welche konzeptionellen Elemente sollten bei der zukünftigen Planung und Umsetzung dezentrale Wärmenetze unter Einbeziehung des regionalen Biomassepotenzials in der Region Lübeck beachtet werden?

Zum Aufbau dieser Arbeit: In Kapitel 2 werden zunächst die regionalen Bedingungen und grundlegenden Orientierungen einer nachhaltigen und resilienten Biomassestrategie diskutiert. Daran schließen sich in Kapitel 3 Analysen zur derzeitigen energetischen Nutzung der Biomasse sowie Hinweise für die weitere Strategieentwicklung an. Aus regionaler Sicht geht es dann in Kapitel 4 darum zu überprüfen, welche Biomasse-Potenziale konkret in Schleswig-Holstein vorhanden sind und wie diese in die bestehenden sektoralen Strukturen eingebracht werden können. In Kapitel 5 wird deutlich gemacht, wie unterschiedlich die jeweiligen Ausgangsbedingungen der Gemeinden sind, wenn es um den Ausbau von Wärmenetzen geht. Einige Beispiele für innovative Ansätze und Standortkonzepte werden vorgestellt. Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen erste Hinweise für ein politisches Rahmenkonzept im Transformationsfeld einer dezentralen Wärmewende auf Biomassebasis (Kapitel 6).

2 Grundorientierungen einer auf regionale Potenziale orientierten Biomassestrategie

2.1 Konzeptionelle Überlegungen für einen mehr eigenständigen, regionalen Transformationspfad in der Wärmeversorgung

Die Fokussierung auf Biomasse als regionalem Energieträger ergibt sich aus dem Projektansatz, der die Sektoren Energie, Wald und Landwirtschaft zu einer stärkeren Kooperation in der Region Lübeck anregen will.

„Biomasse ist die gesamte durch Pflanzen oder Tiere erzeugte beziehungsweise anfallende organische Substanz. Biomasse wird von Pflanzen mit Hilfe des Sonnenlichtes aufgebaut. Dabei werden CO₂ und Wasser in der Photosynthese zu Kohlenhydraten und weiteren organischen Bausteinen umgesetzt.“ (Ministerium BaWü 2022).

Grundsätzlich kann Biomasse aus Primärrohstoffen (Energiepflanzen, Bäumen, Grünschnitt, Feldfrüchten) und Rest- und Abfallstoffen gewonnen werden. Die Gewinnung der Primärrohstoffe erfolgt in enger Kopplung mit der regionalen Land- und Forstwirtschaft, auch die Verarbeitung der Reststoffe (z.B. Gülle, Bio-Abfall) ist in der Regel stark in regionale Verwertungsstrukturen eingebunden, da ein Transport über weite Distanzen unwirtschaftlich ist.

Die Biomasse ist aus regionalwirtschaftlicher Perspektive ein endogenes Potenzial, das allerdings in den verschiedenen Regionen in unterschiedlicher Weise erschlossen wird. Es ist daher wichtig, sich im Rahmen der Energie- und Wärmewende mit den in der Region vorherrschenden jeweiligen natürlichen, wirtschaftlichen und sozialen Ausgangsbedingungen der Biomassenutzung auseinanderzusetzen. Dies gilt sowohl für die Gewinnungs- und Verarbeitungsstufen der Biomasse und die damit befassten Wirtschaftssektoren, als auch die jeweiligen Versorgungsstrukturen in der Energiewirtschaft. In ländlich geprägten Regionen spielt beispielsweise die Land- und Forstwirtschaft eine viel größere Rolle bei der Bereitstellung von Biomasse, als in städtischen. Auch befindet sich der Ausbau von Wärmenetzen in den Städten auf sehr unterschiedlichem Niveau.

Auf Basis von Bestands- und Potenzialanalysen, die diese Zusammenhänge betrachten, kann unter Beachtung wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Kriterien nach den Stärken und Schwächen der bisherigen Strukturen in der Wärmeversorgung gefragt werden. Hier geht es vor allem darum, die bestehenden Strukturen und Beziehungen in den Wertschöpfungsketten zu erkennen und zu fragen, wie sie unter den Gesichtspunkten einer Klimaneutralität sowie der Naturverträglichkeit verändert werden können.

Hier ist zum einen die Innovationsbereitschaft der einzelnen Betriebe gefordert, bisherige Orientierungen und Praktiken in der Biomasseverarbeitung zu verändern. Da diese betrieblichen Ansätze bereits heute in regionale Wertschöpfungsketten eingebunden sind, bedarf es aber auch einer sektorübergreifenden Verständigung über regionale Ziele und Umsetzungsschwerpunkte einer naturnahen Wald- und Landwirtschaft und deren mögliche Verbindung mit anderen Wirtschaftszweigen. Dabei geht es um eine sektorübergreifende Verständigung über die Art der Bewirtschaftung von Wäldern, und Böden, die Gestaltung von Landschaften, die grundsätzlich die Regenerationsfähigkeit der natürlichen Systeme stärkt. Nur so wird es gelingen, die wirtschaftliche Nutzung der Biomasse resilient zu gestalten und den natürlichen Kapitalstock langfristig zu sichern. Eine solche Orientierung bedarf auch eines erweiterten Planungshorizontes, jenseits der Orientierung an unmittelbaren Versorgungsgpässen und Handlungsbedarfen.

Im Kontext der Kriege im Nahen Osten und der Ukraine ist deutlich geworden, wie prekär die hiermit verbundenen Abhängigkeiten sind. In diesem Zusammenhang bekommt das Ziel einer mehr eigen-

ständigen Energieversorgung eine neue Bedeutung. Regionale Ansätze können mit dem verstärkten Rückgriff auf regenerative Energieträger dazu beitragen, die Abhängigkeiten von weit entfernten und unsicheren Rohstoffquellen und Energieträgern zu verringern. Eine solche Orientierung ist auch eine Herausforderung für die politische Steuerung der Transformationsprozesse: weniger Top-Down-Steuerung, mehr Bottom-up-Prozesse unter besonderer Berücksichtigung der regionalen Potenziale und Verhältnisse werden notwendig.

Die Verständigung über die damit verbundenen Transformationspfade sollte in Verfahren des gleichberechtigten, vertrauensbasierten Austauschs erfolgen. Es bedarf auch sozio-kultureller Innovationen, die einen Möglichkeitsraum eröffnen, in dem quer gedacht werden kann. Es sollten auch Motive, die aus der Heimatverbundenheit oder der persönlichen Lebensführung beruhen, stärker beachtet werden. Auch diese können zu einer regionalen Transformation beitragen, dem ökologischen Wohlstand eine Heimat geben. (Frahm 1995)

In den Zielsetzungen und damit verbundenen Dialogprozessen des VorAB-Projektes finden sich viele der in den vorherigen Abschnitten genannte Elemente einer naturnahen und regional und lokal angepassten Transformationsstrategie wieder. Als Grundorientierung werden faire und resiliente Regionalbeziehungen angestrebt (vgl. Dierich 2022): Aber die Umsetzung dieser Ansätze wird nur gelingen, wenn auch die veränderten Rahmenbedingungen in den einzelnen Handlungsfeldern beachtet werden. Dies gilt insbesondere für den Bereich der kommunalen Wärmeplanung. (vgl. hierzu auch Block, Lucas, Wagner 2024).

Ausgehend von den innovativen Ansätzen zur Wärmeversorgung im VorAB-Projekt (vgl. Block, Wagner, Kobiela 2022 und Winterfeld, Blaise, Block, Wagner 2023) stellt sich die Frage, welche Bedingungen diese zu ihrer Verallgemeinerung und Verstetigung insgesamt benötigen. So ist die Verfolgung eines biogenen Wärmeversorgungspfades im ländlichen Raum an bestimmte Voraussetzungen geknüpft. Zunächst werden Informationen benötigt, wie groß die verfügbaren Potenziale unter Beachtung ihres Substanzerhalts eigentlich sind? Dann geht es darum, wie diese möglichst energieeffizient, klimaneutral und wirtschaftlich genutzt werden können. Und raumbezogen stellt sich insbesondere die Frage, wie es gelingen kann, die Wärmenutzung möglichst nahe an der Wärmequelle zu bringen und hierfür technische Lösungen zu suchen, die auf regenerativer Basis eine Versorgungssicherheit gewährleisten.

2.2 Systemische und regionale Resilienz in der Wärmeversorgung

In den Ansätzen einer resilienten Stadt- und Regionalentwicklung (Fekak et al 2016, Hahne/Kegler 2016, Füg 2015) wird für eine kontextbasierte Bewertung der natürlichen, sozialen, ökonomischen und kulturellen Ausgangsbedingungen plädiert, um besondere Eigenheiten, Potenziale und Talente einer Region zu erfassen. Bezogen auf die Energieversorgung geht es neben den zentralen Zielbereichen Klimaneutralität und Biodiversität auch darum, die bestehenden Versorgungssysteme gegenüber externen Störungen weniger anfällig und verletzbar zu machen. Ein wichtiger neuer Bezugsrahmen hierfür ist der Begriff der Resilienz.

„Resilienz ist ein systemischer Ansatz, der auf gesellschaftliche Transformation ausgerichtet ist mit dem Ziel, die Widerstands- wie die Lernfähigkeit der Stadt-Landgesellschaft zu erhöhen, Störungen, ob naturbedingt oder menschengemacht, aufzufangen und dabei die funktionalen Eigenschaften zu erhalten sowie zu erneuern. Gestaltung hat von den Konsequenzen ausgehend zu fragen, welcher Beitrag zur Selbsterneuerung geleistet werden kann.“ (Kegler 2016, S. 20).

Auch in der Energiewirtschaft ist die Leitorientierung inzwischen angekommen, allerdings mit anderen räumlichen Bezügen und einer starken Fokussierung auf die technische Auslegung des Gesamtsystems.

Ein „resilienter Transformationspfad“ wird durch die deutsche Gasindustrie beispielsweise wie folgt skizziert:

„Wegen der großen Unwägbarkeiten ist eine resiliente Gestaltung der Energiewende erforderlich. Dies betrifft sowohl die Robustheit des Transformationspfads als auch die Krisenfestigkeit des angestrebten Zielsystems. Resilienz wird dabei durch die Vorhaltung alternativer Lösungen sowie ausreichend bemessener Infrastrukturen sichergestellt; beides zusammen sorgt für rasche Reaktions- und Regenerationsfähigkeit im Belastungsfall. Die Speicherfähigkeit erneuerbarer und dekarbonisierter Gase im engen Zusammenwirken mit der erneuerbaren Stromerzeugung trägt wesentlich zum Aufbau eines resilienten Energiesystems bei. Nicht zuletzt stärkt auch die inländische Produktion neuer Gase die Resilienz des Gesamtsystems.“ (BDEW, DVGW 2023, S. 5).

Dieses Resilienzverständnis hat auch Rückwirkungen auf regionale Strategien, da fast ausschließlich auf industrielle Großtechnologie gesetzt wird. In der Wärmeversorgung wird hierbei auf Wasserstoff auf Basis erneuerbarer Energien und Bio-Methan gesetzt. Die zukünftige Gasproduktion und die damit verbundenen Lieferketten sollen mehrheitlich global und europäisch organisiert werden, lediglich bei Elektrolyse und bei Biomethan wird auf die heimischen Ressourcen aus Biomasse verwiesen. Die Risiken der langen Lieferketten werden unter dem Aspekt der Resilienz nicht bewertet. Regionale Biomassestrategien, wie sie derzeit auf Basis von Biogas verbreitet sind (siehe Kapitel 4), finden keine Erwähnung.

„[...] Biomethan, das aus heimisch produziertem und aufbereitetem Biogas stammt, welches in das lokale Gasnetz eingespeist wird. Hinzu kommt die Nutzung desjenigen Gases, das aus der Vergasung von Biomasse gewonnen wird sowie von aus dem Ausland stammendem Biomethan, das über das europäische Gasnetz nach Deutschland importiert wird.“ (ebd. S. 13).¹

In diesem Kontext bleibt unerwähnt, dass die Handelsstrukturen mit Biomethan schon heute europaweit ausgerichtet sind und regionale Versorgungskontexte eher eine Ausnahme darstellen. Diese sind nur möglich, wenn die Gasindustrie und Ihre Partner die regionalen Verteilnetze in ihrer bisherigen Form aufrechterhalten. Bei einer weitgehenden Abkehr von fossilem Gas, wird dies aber als nicht mehr wirtschaftlich eingestuft.

2.3 Zielorientierungen einer nachhaltigen und resilienten Biomassestrategie Global

Die stoffliche und energetische Nutzung der Biomasse wird stark von der Marktentwicklung in den einzelnen Verbrauchssektoren und den staatlichen Rahmenseetzungen beeinflusst. Annahmen über die Verfügbarkeit der Biomasse übersehen häufig, dass ein weiterer Ausbau der Potenziale für die energetische Nutzung durch bestehender Flächennutzungskonkurrenzen innerhalb der Landwirtschaft (Teller oder Tank) begrenzt sind (vgl. Thünen-Institut 2023, S. 13 ff.). Mit politischen Vorgaben im Rahmen der EEG-Förderung von Biogasanlagen (Maisdeckel) wird derzeit versucht, den NaWaRo-Anteil zur Biogaserzeugung auf 40 % zu begrenzen und die Erzeugung auf der Basis von Abfall- und Reststoffen zu konzentrieren. Um dieses Reststoffpotenzial zu erschließen, bedarf es eines technischen Umbaus bestehender Anlagen im Bereich der Lagerung und Fermentierung und einer stärkeren sektorübergreifenden Kooperation mit anderen Wirtschaftszweigen (vgl. Fachverband Biogas 2023).

Die drei zuständigen Bundesministerien für Wirtschaft/Klimaschutz, Landwirtschaft und Umweltschutz haben Eckpunkte für eine nationale Biomassestrategie vorgelegt (vgl. BMWK 2023). Auf der Pressekonferenz zur Vorstellung werden unterschiedliche Akzentsetzungen deutlich:(BMEL 2023, Pressemitteilung) Zunächst führt Wirtschaftsminister Habeck aus:

¹ <https://www.bmel.de/SharedDocs/Meldungen/DE/Presse/2022/221006-biomassestrategie.html>

"Biomasse – also z. B. Holz, Energiepflanzen oder organische Abfälle – ist eine sehr gefragte und auch heimische Ressource. Auch wenn sie natürlichen Ursprungs ist und ein erneuerbarer Rohstoff ist: ihr Einsatz ist nicht per se klima- und umweltfreundlich. Biomasse ist auch nur begrenzt verfügbar."

Bundeslandwirtschaftsminister Cem Özdemir stellt die Strategie in den Kontext der Ernährungssicherheit und zunehmender Konkurrenz um knappe Rohstoffe. Und verweist auf deren regionalwirtschaftliche Bedeutung:

„Die Getreide- und Ölsaaterzeugung auf dem Acker, die Tierhaltung und Grünlandnutzung, das Holz aus der Forstwirtschaft: all dies sind elementare Produktionsbereiche der Biomassenutzung und ein zentrales Standbein für unsere Land- und Forstwirtschaft und unsere ländlichen Räume.“

Gleichzeitig verweist der Landwirtschaftsminister Özdemir auf die Bedeutung der Biomassenutzung für die ländlichen Räume und die Forst- und Landwirtschaft:

„Die Getreide- und Ölsaaterzeugung auf dem Acker, die Tierhaltung und Grünlandnutzung, das Holz aus der Forstwirtschaft: all dies sind elementare Produktionsbereiche der Biomassenutzung und ein zentrales Standbein für unsere Land- und Forstwirtschaft und unsere ländlichen Räume“. (ebd.)

Bundesumweltministerin Steffi Lemke betont, dass genau abgewogen werden muss

„wofür die knapp bemessene Ressource Biomasse verwendet werden soll. Wir brauchen eine effiziente Kaskadennutzung: Hochwertige Stoffe müssen nachhaltig genutzt werden, im Fall von Holz z.B. für die Herstellung von Baustoffen oder Möbeln. Gleichzeitig führt der Schutz von Ökosystemen, die natürlicherweise CO₂ speichern, zu einem messbaren Beitrag für den Klimaschutz und zum Erhalt der Biodiversität, d.h. es kann unter Umständen sinnvoll sein, Holz im Wald zu belassen.“

Einig ist man sich darin, dass das wichtigste Leitprinzip die konsequente Kaskaden- und Mehrfachnutzung von Biomasse ist und die stofflichen Nutzung Vorrang hat, weil sie eine langfristige Kohlenstoffbindung ermöglicht. Erst am Ende der Kaskade soll eine energetische Nutzung in den Blick genommen werden. Hierbei ist die CO₂-Minderung ein wichtiger Maßstab.

Die Stellungnahmen belegen, dass unterschiedliche Zielperspektiven in der Biomassenutzung existieren, die auch in jeder Region abgewogen werden müssen (siehe hierzu auch Kapitel 6 dieser Arbeit). Hierbei wird zu beachten sein, übergeordnete Systemziele des Klimaschutzes und der Biodiversität mit den regionalen Entwicklungszielen in Einklang zu bringen.

Erstaunlich an diesen Ausführungen zur nationalen Biomassestrategie ist, wie wenig Kriterien einer resilienten Energie- und Wärmeversorgung in die strategischen Orientierungen Eingang gefunden haben. Es geht ausschließlich um eine nachhaltige Nutzung der Biomasse.

Wird die Biomasse in der Wärmeversorgung genutzt, sollten auch Resilienz Kriterien zur Anwendung kommen, wie sie beispielsweise Röder et al (2020) entwickelt haben:

- Diversität der Energiequellen und Art der Wärmeerzeugung: Wie groß ist die Anzahl unterschiedlicher Wärmequellen, bezogen auf die Varietät der genutzten Biomasse-Substrate und daraus folgend die Vielfalt der Erzeugungstechnologien?
- Redundanz: Sind im Versorgungssystem Puffer bzw. Speicher vorhanden, um die Volatilität der regenerativen Energieträger und unterschiedliche saisonale Wärmebedarfe auszugleichen?
- Lose Kopplung: Funktionieren Teile des Systems autark bzw. unabhängig von nicht beeinflussbaren, externen Faktoren?
- Subsidiarität: Wie stark ist eine dezentrale Steuerung des Systems möglich? Wie ist das lokale System in den nationalen Versorgungskontext eingebunden? Wie groß ist der Eigenversorgungsgrad im lokalen und regionalen Maßstab?

Auch die verschiedenen Transformationspfade zur Erschließung weiterer Biomasse-Segmente sollten in diesem Sinne überprüft werden, z.B. ob eine verstärkte Nutzung von Holz zur Wärmeerzeugung mit einer nachhaltigen und resilienten Waldwirtschaft vereinbar ist.²

Ein auf die regionalen Potenziale bezogenes Resilienz-Verständnis sollte bereits bei der Frage ansetzen, wie die eingesetzten Substrate produziert werden. In diesem Kontext ist der Biodiversität und der natürlichen Selbsterhaltung (Vermeidung von Übernutzung, Regenerationsfähigkeit von Böden und Naturräumen, Verbesserung der bereits gestörten biologischen Funktionen) besonders Beachtung zu schenken. Erst auf dieser Grundlage sollten Entscheidungen getroffen werden, in welchem Maße regionale Biomassepotenziale stofflich und energetisch genutzt werden.

Das Wirtschaften im Einklang mit den Reproduktionsbedingungen der natürlichen Systeme und ihrer regionalen Besonderheiten ist hierbei ein übergeordneter Maßstab (Lucas 2018). Dabei geht es auch die Fähigkeiten der Natur zur Mitproduktivität zu erkennen und diese Mitproduktivität durch eine Allianztechnik nutzbar zu machen.³ Die Fermentation der pflanzlichen Substrate in einem abgeschlossenen Gehäuse zur Erzeugung von Biogas kann als eine einfache Form der Allianztechnik angesehen werden.

Solange das Reststoffpotenzial nicht vollkommen ausgenutzt ist, sollte auf eine Steigerung der Nutzung des Primärpotenzials verzichtet werden. Deshalb bedarf es eines integrierten, regionalen Stoffstrommanagements, welches auf der Grundlage regionaler Potenzialanalysen und unter Berücksichtigung von Kriterien der Nachhaltigkeit und Resilienz die Verwendung der Substrate steuert. Nur so kann erreicht werden, dass auch die damit verbundenen regionalen und lokalen Wertschöpfungsketten im Sinne einer „Circular Economy“ (Lucas 1995, Fichter/Kujath 2001) zukunftssicher sind.

3 Status-quo der regenerativen Wärmeversorgung

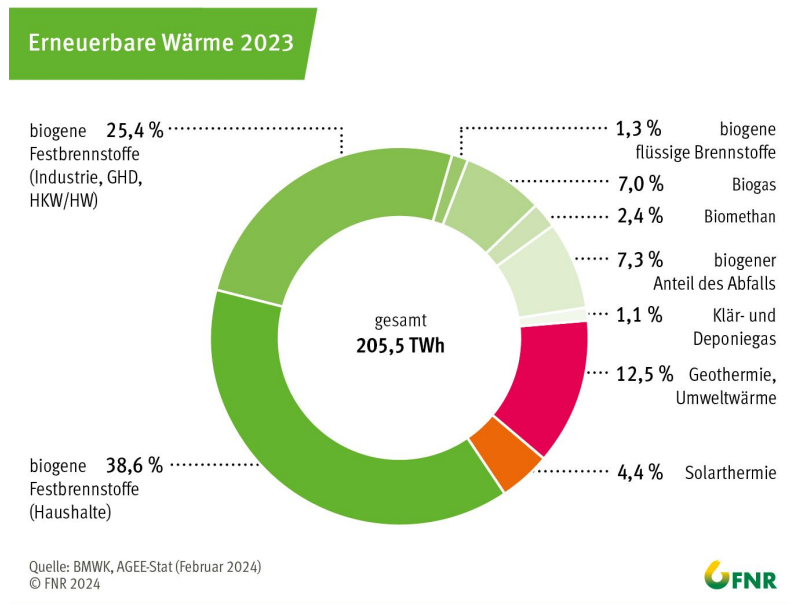
3.1 Zur Bedeutung regenerativer Energieträger

Die erneuerbaren Energien trugen zur gesamten Wärmebereitstellung in Deutschland 2022 mit 17,4 Prozent bei. Mit über 84 Prozent (168,9 TWh von insgesamt 201 TWh) steuerte die Biomasse den überwiegenden Anteil bei. Neben biogenen Festbrennstoffen (vor allem Holz) leistet Biogas einen deutlich geringeren Beitrag zur erneuerbaren Wärmebereitstellung. Von zunehmender Bedeutung im Vergleich zu den Vorjahren sind die Geothermie, Umweltwärme und Solarthermie. Die Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien konnte seit 2015 um ca. 40.000 GWh gesteigert werden.

² vgl. zur Rolle von Holz in der Energieversorgung, Wern et al. 2021.

³ Diese Begriffe gehen auf den marxistischen Philosophen Ernst Bloch zurück. Siehe hierzu auch die aktuelle Debatte in der Ernst-Bloch-Gesellschaft: <https://verlag.koenigshausen-neumann.de/product/9783826082054-naturallianz-in-der-klimakrise/>

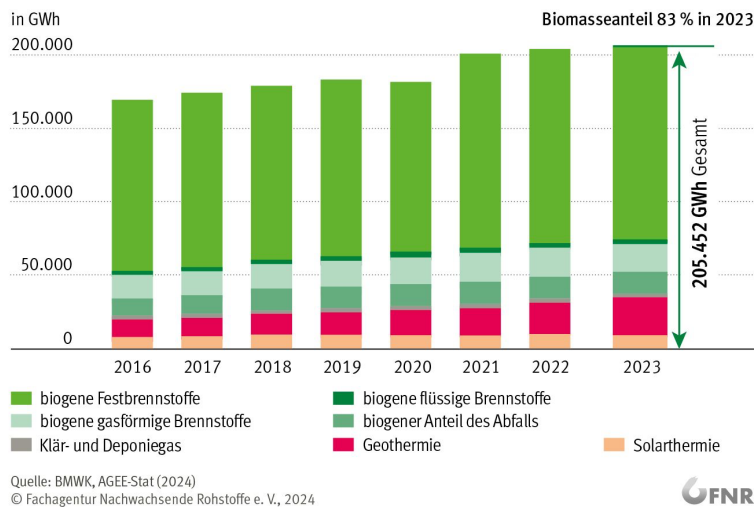
Abb. 1: Der Beitrag einzelner regenerativer Energieträger zur Wärmeversorgung im Jahr 2023



Quelle: FNR (2024a)

Abb. 2: Die Entwicklung der Wärmebereitstellung durch erneuerbare Energie (2016-2023)

Entwicklung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien



Quelle: FNR (2024b)

Beide Abbildungen machen den herausragenden Anteil der Biomasse in der Wärmebereitstellung über alle Sektoren deutlich. Diese beträgt in 2022 84 %.

Dies ist auch im Bundesland Schleswig-Holstein so. "Biomasse machte in Schleswig-Holstein 2021 insgesamt 10,4 GWh der energetischen Versorgung aus, am Beitrag der Erneuerbaren Energien waren es rund 40 Prozent. 86 Prozent der Wärmebereitstellung durch Erneuerbare Energien wurde durch Biomasse erzeugt, in Form von biogenen Festbrennstoffen und Biogas." (Knuth 2023)

In der eher städtisch orientierten Fernwärmeversorgung spielt der Einsatz regenerativer Energieträger bisher eine untergeordnete Rolle. Der Anteil erneuerbarer Energien an der Fernwärme lag bundesweit nach Angaben des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW 2021) bei gerade einmal 17,5 %. Die Herausforderung besteht darin, bestehende und neue Wärmenetze mit nichtfossilen

Energieträgern zu betreiben. Einige Technologieoptionen wie die Wärmepumpe führen allerdings dazu, dass die Netze mit einem geringeren Temperaturniveau gefahren werden müssen. Dies kann jedoch nur im Einklang mit dem Sanierungsniveau im Gebäudebestand erfolgen.

Die Bundesregierung hat den Ordnungsrahmen mit dem novellierten Gebäudeenergiegesetz („Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden“) und im neuen Gesetz zur kommunalen Wärmeplanung („Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“) neu justiert. Die stärkere Ausrichtung auf strombasierte Wärmeversorgung (Stichwort Wärmepumpe) kann dazu führen, dass die bisher hohen Anteile der „grünen Wärme“ in der Wärmeversorgung der Haushalte zurückgehen. Die klimaneutrale Wärmeversorgung der Zukunft wird jedoch insgesamt immer einen nennenswerten Anteil an Biomasse basierten Energieträgern haben (vgl. Baur, Hoffmann, Noll et al 2022).

3.2 Zur Bedeutung von Biogasanlagen in der Strom- und Wärmeversorgung

Einen beachtlichen Beitrag zur Energieversorgung leisten Biogasanlagen, in denen über Fermentierung von Pflanzen und Reststoffen Gas gewonnen wird, das dann vor Ort dazu dient, KWK-Anlagen zu betreiben, die Strom und Wärme erzeugen.

„Ende 2022 wird in Deutschland an rund 8.500 Standorten Biogas zum Einsatz in der Vor-Ort-Verstromung produziert. Die installierte Anlagenleistung (inkl. Leistung für den flexiblen Anlagenbetrieb) liegt bei rund 6,5 GW. Mehrheitlich erfolgt die Biogasproduktion an landwirtschaftlichen Biogasanlagen (etwa 8.250 Standorte) in denen Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist) und nachwachsende Rohstoffe für die Vergärung eingesetzt werden. Daneben sind 124 Abfallvergärungsanlagen in Betrieb, deren Substratinput zu mehr als 90 % organische Reststoffe ausmacht, sowie rund 120 Kofermentationsanlagen, mit einem Substratmix aus NaWaRo, Wirtschaftsdünger und organischen Reststoffen. Die Gesamtinputmengen für die Biogaserzeugung mit Vor-Ort-Verstromung liegen für das Betriebsjahr 2021 bei insgesamt rund 65 Mio. t Frischmasse (FM) Wirtschaftsdünger und rund 61 Mio. t Frischmasse nachwachsende Rohstoffe. Daneben werden rund 2 bis 3 Mio. t FM kommunaler Bioabfall und weitere 3 bis 4 Mio. t FM sonstige organische Reststoffe zur Vergärung eingesetzt“ (Rendsberg et al 2023, S. 9)

Der biogene Substratmix in den Anlagen ist abhängig von den wirtschaftlichen Schwerpunkten in der landwirtschaftlichen Produktion (Ackerbau, Tierhaltung) und der Wirtschaftsweise. Sehr verbreitet sind Anlagen in Verbindung mit der Intensivtierhaltung zur Verwertung von Gülle, Kot und Mist, zumal dies in der Vergangenheit stark über das EEG gefördert wurde. Diese Förderung läuft aus und wird zukünftig an neue Kriterien geknüpft. Biogasanlagen in der ökologischen Landwirtschaft sind im Rahmen eines integrierten und zertifizierten Nährstoffmanagements auch möglich.⁴

Vor diesem Hintergrund ist es naheliegend, sich im Rahmen eines regionalen Transformationsansatzes zur Wärmewende näher mit der Rolle der Biomasse zu befassen, sowohl mit den Realstrukturen ihrer Nutzung als auch deren zukünftiger Rolle im Rahmen eines Energiemix mit anderen regenerativen Wärmequellen.

4 Ausgangsbedingungen für einen sektorübergreifenden Biomasseeinsatz in Schleswig-Holstein und der Region Lübeck

In diesem Kapitel werden vor dem Hintergrund der Ausgangsbedingungen in Schleswig-Holstein und der Region Lübeck erste Hinweise gegeben, welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, damit sich

⁴ siehe hierzu auch Landwirtschaftskammer NRW (2024):

<https://www.oekolandbau.nrw.de/fachinfo/tierhaltung/schweine/wie-passen-biogasanlagen-auf-biobetriebe>

der bestehende Einsatz der Biomasse verändert. Dabei steht die Verbesserung von Instrumenten und Verfahren im Mittelpunkt: nährstoffbezogene Potenzialanalyse, sektorbezogenes Stoffstrommanagement, neue Nutzungskonzepte für bestehende Biogasanlagen, Einbeziehung der Abfallwirtschaft und die planerischen Herausforderungen, die mit der Integration unterschiedlicher Handlungsfelder und Sektoren verbunden sind.

4.1 Analytische Grundlagen zur Ermittlung des regionalen Biomasse-Potenzials aus verschiedenen Sektoren

Die Ausgangssituation zur Analyse eines regionalen Biomassepotenzials ist komplex, da die Potenziale, auf mehrere Wirtschaftsbereiche verteilt sind: die Waldwirtschaft, die Landwirtschaft, die Lebensmittelindustrie, die privaten Haushalte und die Abfallwirtschaft. In diesen sektoralen Strukturen existieren eigene Verwertungspräferenzen, die sich aus der Eigenlogik der Betriebsabläufe, gesetzlichen Vorgaben und wirtschaftlichen Interessen ergeben.

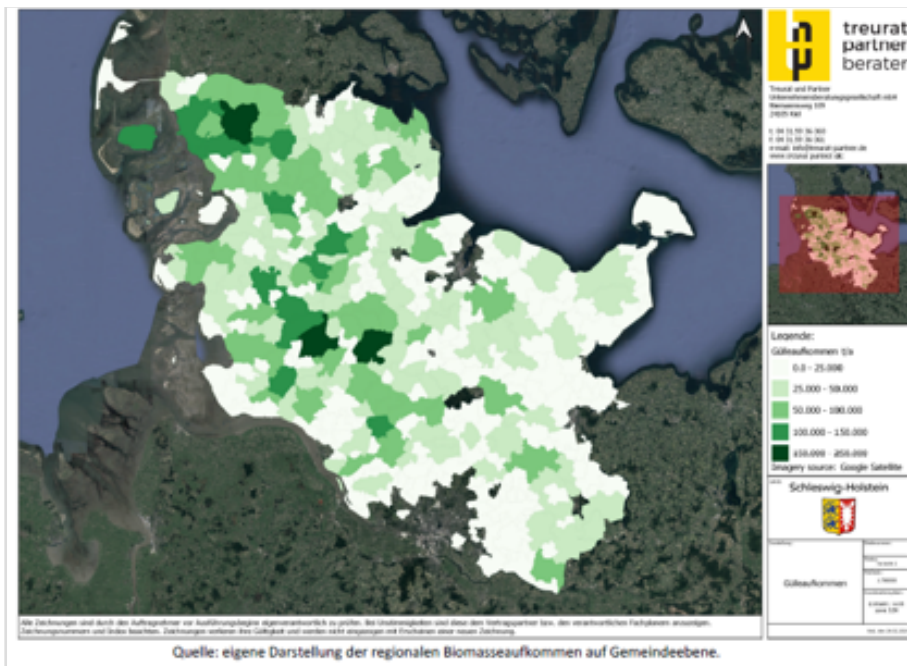
Grundsätzlich kann zwischen Primärressourcen, Kuppelprodukten und Abfällen unterschieden werden. In einer raumbezogenen Potenzialanalyse müssten diese unterschiedlichen Stoffströme, die sich für eine energetische Verwertung eignen, systematisch erfasst und nach den bestehenden Nutzungspfaden klassifiziert werden. Eine derartige, zusammenfassende Systematik existiert in Schleswig-Holstein nicht.

Als Grundlage hierfür könnten vorhandene Nährstoff und Abfallbilanzen dienen, die es ja durchaus im Bereich des Umweltmonitoring bereits gibt. (Henning/Taube 2019)⁵ Wenn bekannt ist, welche Reststoff-Potenziale real existieren (stofflich/energetisch), kann unter Berücksichtigung des Standes der Technik, der Wirtschaftlichkeit und der Klimawirkungen entschieden werden, ob und wie eine Umsteuerung auf eine Kaskadennutzung unter Einbeziehung energetischer Verwertungen gestaltet werden kann. Hieraus ergeben sich dann auch Einsichten für Kommunale Wärmeplanung hinsichtlich des verfügbaren Biomassepotenzials. Die Regionalplanung könnte die interkommunale Steuerung übernehmen, da es hierbei ja auch um Fragen der Rohstoffsicherung geht.

Es gibt in Schleswig-Holstein ein Bestandsregister für Anlagen zur energetischen Verwertung von Biomasse in der Landwirtschaft und der Industrie, welches auch öffentlich zugänglich ist (Marktstammdatenregister), welches aber nur die Leistungen gegenüber der Stromversorgung erfasst. Es wird zwar der Gesamtinput erfasst, aber nicht die eingesetzten Substrate. Auch die Wärmeauskopplung und das hiermit verbundene Verhältnis von Eigennutzung und Fremdnutzung werden nicht aufgeführt. Auf dieser Basis erfolgte durch das IZES eine raumbezogene Auswertung des durch die bestehenden Anlagen genutzte Biomassepotenzials (siehe Abbildung 3)

⁵ In Schleswig-Holstein fallen aufgrund der intensiven Rinder- und Schweinehaltung jährlich 25 Millionen Tonnen Gülle und Gärreste an, wobei 5,3 Millionen auf die Gärreste aus Biogasanlagen entfallen (ebd. S. 19)

Abb. 3: Regionales Biomasseaufkommen auf Gemeindeebene in Schleswig-Holstein



Quelle: Treurat & Partner 2022

Da die Einzugsgebiete der Anlagen zum Teil über die Kreisgrenzen hinausgehen, ergibt sich in manchen Kreisen ein besonders hoher Wert, der nichts über die flächenbezogene Verfügbarkeit von Biomasse aussagt. Auch bleibt die energetische Nutzung von Holz außen vor, weil die vielen kleinen Kaminöfen, die Scheitholz verbrennen, nicht erfasst wurden. Sichtbar wird jedoch, dass in den Kreisen mit besonders hohem Viehbesatz im Nordwesten von SH eine besondere Dichte von Biogasanlagen anzutreffen ist. Die Region Lübeck weist in diesem Zusammenhang eher unterdurchschnittliche Verarbeitungskapazitäten für die Biomasse auf.

Um das derzeit genutzte und noch nicht erschlossene Biomassepotenzial regional zu erfassen sind daher zusätzliche Untersuchungen erforderlich, wie sie z.B. die Stadt Kiel (Uffenkamp, Koopmann 2022) in Auftrag gegeben hat.

„Ziel der "Biomassestrategie KielRegion" ist es, zu untersuchen, welchen Anteil die Biomasse zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäude- und Industriesektors übernehmen kann. Erste Abschätzungen haben ergeben, dass insbesondere in den ländlich geprägten Kreisen Rendsburg-Eckernförde und Plön ein Potenzial an Biomasse-Vorkommen in Form von Gülle und Mist, agrarindustriellem Reststoffen (zum Beispiel aus der Lebensmittelproduktion), Bioabfall, Klärschlamm, aber auch Knickhölzern, Altholz und anderen Biomassen besteht, das für die Energieerzeugung genutzt werden kann.“ (ebd.)

Vor dem Hintergrund der unzureichenden Datenlage ist es für die kommunale Wärmeplanung schwierig, den möglichen Anteil der Biomasse vollständig und sektorübergreifend zu ermitteln. Offen ist auch die Frage, inwieweit die bestehenden Anlagen für eine dezentrale Wärmeversorgung von Quartieren ertüchtigt und energieeffizient und wirtschaftlich betrieben werden können.

4.2 Einflussfaktoren auf das regionale Stoffstrommanagement

Für eine Abschätzung der zukünftigen Potenziale ist es wichtig, Faktoren und Trends, welche die Bereitstellung der biogenen Stoffströme beeinflussen, zu kennen und das Stoffstrommanagement rechtzeitig darauf auszurichten. Zunächst sollte die Entwicklung gesamtgesellschaftlicher und ökonomischer Entwicklungen bei Investitionsentscheidungen in neue Anlagen berücksichtigt werden.

Einflussfaktoren sind hier die internationale Wettbewerbssituation und der damit verbundene Strukturwandel, die öffentliche Förderung einzelner Verwertungspfade, die Nachfrage und Wettbewerbssituation und Preisentwicklung in den verschiedenen Verwertungspfaden (Teller oder Tank). Aber es spielen auch regionale Faktoren eine Rolle wie die begrenzte Flächenverfügbarkeit für den zusätzlichen Anbau von Energiepflanzen, die Substratqualität bezogen auf die Biogasausbeute um nur einige Faktoren zu nennen.⁶ Vernachlässigt sollten in diesen Betrachtungen auch nicht die Auswirkungen eines ökologischen Strukturwandels auf die Nachfrage nach Biomasseprodukten und naturbezogenen Anpassungsprozesse an den Klimawandel.

Bezogen auf den Biomasseinput aus einzelnen Sektoren sollten Entwicklungen größere Aufmerksamkeit geschenkt werden, welche insbesondere Umfang und Qualität der Stoffströme beeinflussen:

- **Waldwirtschaft:** geringeres Biomassepotenzial aufgrund der nachhaltigen und resistenten Ausrichtung der Waldwirtschaft, Folgen des Klimawandels in der Waldwirtschaft, starke internationale Nachfrage nach Bauholz, politische Vorgaben zur Reduzierung des Holzeinschlags, Kurzumtriebsflächen, regionale Verteilung der Waldgebiete. Zu beachten ist, dass Holzenergie nicht nur aus deutschen Wäldern gewonnen wird, sondern auch aus Restholz, Kurzumtriebsholz, Landschaftspflegeholz sowie aus Importholz.
- **Abfallwirtschaft:** Wachsendes Biomassepotenzial durch gesonderte Logistik für Bioabfälle (vgl. Umweltbundesamt 2019). Anlagebezogenes Stoffstrom-Management zur Produktion von Biogas, Auskopplung der Wärme mittels KWK in Nah- und Fernwärmenetze, bisher geringe Reststoffnutzung im Kontext von effizienten Kaskadenprozessen, Ausbau der Bio-Methanproduktion in der Abfallwirtschaft.
- **Landwirtschaft:** noch großes Biomasseaufkommen aus der Tierproduktion, Rückgang der Anbaubiomasse für die Biogasproduktion, Strukturwandel zu immer größeren Einheiten, Konzentration auf wenige ertragreiche Standorte, Flächenverluste, (Auswirkungen der BioSt-NachV⁷), Umstellung auf Biolandwirtschaft vermindert das Reststoffpotenzial für andere Bereiche.

Für alle genannten sektoralen Entwicklungen bestehen aufgrund der natürlichen Gegebenheiten, der Wirtschaftsstruktur, der Bevölkerungsdichte und der Siedlungsstrukturen erhebliche regionale Unterschiede. Zukünftig werden durch die nationale Biomasse-Strategie der energetischen Verwertung der Biomasse weitere Grenzen gesetzt, da diese eine priorisierte stoffliche Nutzung von Biomasse und eine Fokussierung auf Abfall- und Reststoffe vorsieht (siehe Kapitel 2). Aber auch die Marktentwicklung ist ein wichtiger Einflussfaktor, wenn aufgrund steigender Nachfrage nach regenerativen Energieträgern die Preise steigen. Die umwelt- und klimabezogene Steuerung über verschiedenen Anreizsysteme für Industrie und private Haushalte, sollten daher so ausgestaltet werden, dass sie flexibel auf Marktentwicklungen reagieren können.

4.3 Neue Nutzungskonzepte für bestehende Biogasanlagen in der Landwirtschaft?

Für die landwirtschaftlichen Betriebe, die bereits über eine kleinere Biogasanlage verfügen, kann es sinnvoll sein, die Abwärme aus dem BHKW nicht nur selbst zu nutzen, sondern auch in nahegelegene

⁶ vgl. zu den unterschiedlichen Standortbedingungen bei der Anbaubiomasse FNR 2011, S. 12 ff.

⁷ Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) hat konkrete Auswirkungen auf den Betrieb von EEG-Anlagen, die flüssige Biomasse zur Energieerzeugung verwenden. Eine Vergütung erfolgt nur dann, wenn bestimmte Anforderungen an die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Biomasseanbauflächen eingehalten und eine positive Treibhausgasbilanz nachgewiesen werden kann.

Quartiere über Nahwärmenetze abzugeben. Eine solche Konzeption wird auch durch eine Studie des Umweltbundesamtes (2020) unterstützt:

„Kleine Biogasanlagen (ca. < 250 m³ Biogas/h) sind bevorzugt als dezentrale Anlagen weiter zu betreiben. Hier sollte in Zukunft stärker auf die regionale Energieversorgung gesetzt werden, so dass Biogas stärker zur Eigenbedarfsdeckung von Strom und Wärme für landwirtschaftliche Betriebe und/oder der Direktvermarktung von Haushalten, Gewerbe und zum Teil von Industrie in unmittelbarer Nähe zur Anlage sinnvoll eingesetzt werden kann. Damit leistet Biogas auch in Zukunft durch die bedarfsgerechte und saisonale KWK wichtige Systembeiträge und trägt zur regionalen Wertschöpfung bei.“ (ebd. S. 143)

Eine aktuelle Studie des Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) hat die Wärmenutzungskonzepte von Biogasanlagen bundesweit ermittelt (vgl. Rensberg et al. 2023).

„Deutlich wird, dass die extern verfügbare Wärme der Biogasanlagen an rund 58 % der Anlagen allein oder anteilig für die Beheizung von Gebäuden und Wohnhäusern inkl. Warmwasserbereitung eingesetzt wird. An rund 47 % der Biogasanlagenstandorte wird die Wärme allein oder anteilig für Trocknungsprozesse eingesetzt. Daneben wird die erzeugte Wärme in Wärmenetzen zur Verfügung gestellt und/oder direkt im angrenzenden landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzt. Eine direkte Abgabe der Wärmeenergie für industrielle Prozesse oder Unterglasanlagen (Gewächshaus) erfolgt nur an einem geringen Anteil der Anlagen.“ (ebd. S. 57/58)

Im niedrigen Leistungsbereich der Anlagen wird die erzeugte Wärme zur Beheizung von Gebäuden und Warmwasserbereitung im direkten Umfeld der Biogasanlagen genutzt „wohingegen im größeren Leistungsbereich (>500kW Bemessungsleistung) nur 10% der Wärmemenge in diesem Bereich eingesetzt werden. „Deutlich wird zudem, dass im Leistungsbereich > 150 kW Bemessungsleistung die Wärmemengen mehrheitlich für Trocknungsprozesse und in Wärmenetzen eingesetzt werden.“ (ebd. S. 59)

Wie diesbezüglich die derzeit bestehenden Nutzungsstrukturen in den einzelnen Städten und Landkreisen aussehen, ist nicht bekannt. Es wäre daher sinnvoll, wenn die Landwirtschaftskammer in Kooperation mit der regionalen Energiewirtschaft eine Untersuchung anstoßen würde, wie die bestehenden Biogasanlagen stärker in die Wärmeversorgung ländlicher Gebiete einbezogen werden können. Dies hängt nicht nur von der Größe und dem technischen Zustand der Anlagen ab, sondern auch von deren Nähe zur nächsten Siedlung. Deshalb sollte in einer solchen Untersuchung eine Kooperation mit der Landes- und Regionalplanung angestrebt werden. Auch innovative Wärme-konzepte, wie sie in Kapitel 5 vorgestellt werden, könnten von einer verbesserten Informationslage zu diesen Fragen profitieren.

Durch das Auslaufen der bisherigen EEG-Förderung ist zu erwarten, dass neue Betriebskonzepte entstehen. Für die Ackerbaubetriebe kann es auch interessant sein, Reststoffe an fester Biomasse in die Pelletproduktion zu liefern. Ein Referenzprojekt für die Umsetzung eines derartigen Konzeptes der klimafreundlichen Wärmeversorgung ist der Bildungscampus Louisenlund an der Schlei.⁸

⁸ Weitere Informationen zum Projekt Louisenlund finden sich unter:

<https://www.getproject.de/presse/getproject/artikel/land-foerdert-oekologische-energieversorgung-fuer-bildungscampus-louisenlund?backlink=%2Fpresse>. Das Projekt in Kiel wird von der Firma get2energy (2022) betreut. Diese Firma ist darauf spezialisiert, aus regionalen Rest- und Abfallstoffen Bioenergie herzustellen, siehe auch: <https://www.getproject.de/bi-en/einsatzstoffe>. Die Planungen weisen hinsichtlich Ausrichtung und Versorgungsumfang eines dezentralen Wärmenetzes starke Berührungspunkte zu Überlegungen beim VorAB-Projektpartner Domäne Fredeburg auf.

4.4 Ansatzpunkte in der kommunalen Abfallwirtschaft

Auch in der kommunalen Abfallwirtschaft existiert über die Biotonne der Haushalte ein großes Biomassepotenzial, das unterschiedlichen Verwertungspfaden zugeführt werden kann (Umweltbundesamt 2019). Die für den Kreis Herzogtum Lauenburg und den Kreis Stormarn zuständige Abfallgesellschaft sammelt ca. 38.000 Tonnen Biomasse ein und liefert diese größtenteils (ca. 30.000 t) an das Abfallwirtschaftszentrum Trittau, wo eine Biovergärungsanlage aus dem angelieferten Material Biogas und aus den daraus entstehenden Gärresten Landwirtschaftsdünger und hochwertigen Kompost produziert. Zur Energieerzeugung stehen 2 BHKWs mit je 400 kW elektrischer Leistung zur Verfügung. Im Jahr speist die Anlage ca. 3 Mio. kWh Strom in das öffentliche Netz. Der erzeugte Strom wird von den Vereinigten Stadtwerken abgenommen und nach EEG vergütet. Die Anlage wird entsprechend dem Strombedarf gesteuert und eingesetzt, was eine höhere Strom-Vergütung bringt. Darüber hinaus erzeugt die Anlage rund 2 Mio. kWh Heizwärme für das benachbarte Gewerbezentrum.⁹ Sie könnte mehr Abwärme abgeben, wenn sich weitere Abnehmer finden ließen. Die durch ein privates Unternehmen betriebene Kompostanlage arbeitet derzeit an der Kapazitätsgrenze. Aktuell müssen Anteile des Biomüllaufkommens bereits nach Lübeck und Schleswig verbracht werden. Vor diesem Hintergrund gibt es Überlegungen beim Anlagenbetreiber AWT, eine weitere Anlage zu bauen, die auch in der Lage ist, das gewonnene Rohgas in Bio-Methan umzuwandeln, welches dann in das Gasnetz eingespeist werden kann. Eine weitere Anlage macht auch vor dem Hintergrund einer zu erwartenden Steigerung des Biomüllaufkommens aufgrund des Bevölkerungswachstums Sinn. Derartige Vorhaben werden auch durch die Studie des Umweltbundesamtes begrüßt: "Unter Kostenaspekten sollte die Aufbereitung zu Biomethan ausschließlich für größere Biogasanlagen (ca. > 250 m³ Biogas/h) bevorzugt und optional angereizt werden." (Umweltbundesamt 2020, S. 143)

Das Abfallwirtschaftskonzept der Kreise Herzogtum Lauenburg und Stormarn (vgl. AWK 2022), das in enger Kooperation mit der Abfallwirtschaft Südholstein (AWSH) erstellt wurde, setzt sich mit der weiteren Optimierung verschiedener Verwertungspfade nicht auseinander. Die AWSH sieht sich vornehmlich als Logistiker, der die kommunalen Abfälle einsammelt, bündelt, und die weitere Verwertung Privatfirmen überlässt, mit denen Verträge über die Anlieferung der Wertstoffe geschlossen werden. Es stellt sich dann die Frage, wie mit diesen Verträgen (die auch mit den privaten Betreibern des Abfallzentrums in Trittau geschlossen wurden) die angestrebten klimapolitischen Ziele im Gesamtsystem erreicht werden können. Die Widersprüchlichkeiten in einem solchen System liegen auf der Hand: gegenüber den privaten Haushalten wird dafür geworben, mehr Bioabfall über eine separate Tonne zu entsorgen; das daraus resultierende höhere Biomasseaufkommen kann jedoch nicht mehr komplett regional in Trittau verwertet werden, weil die Investitionsentscheidung für eine Erweiterung der Kapazitäten nicht als eigene, öffentliche Aufgabe verstanden wird, sondern einem privaten Investor überlassen bleibt.

Vor dem Hintergrund dieser Strukturen ist es auch nicht verwunderlich, dass sich im aktuellen Abfallwirtschaftskonzept der Kreise kaum etwas Konkretes zur zukünftigen energetischen und stofflichen Nutzung der eingesammelten Biomasse findet (ebd. S. 38 ff.) Auch beim Thema Recyclinghöfe, 13 Standorte in den beiden Kreisen, kommt nicht die Frage auf, wie das eingesammelte Material – u.a. auch Grünschnitt und Holzreste – im Sinne eines effizienten und klimafreundlichen Stoffstrommanagements verwertet werden kann. Hier böten sich für Abfallgesellschaften zahlreiche

⁹ Eine ausführliche Beschreibung dieser Anlage findet sich unter: http://www.nabu-ammersbek.de/wb/media/download_gallery/Dokumente/BioabfallbehandlungsanlageTrittau2013.pdf

Möglichkeiten, im Rahmen kleinerer KWK-Anlagen selbst aktiv zu werden oder mit den Vereinigten Stadtwerken zu kooperieren.

Im Kontext des bestehenden Abfallwirtschaftskonzeptes gibt es derzeit keinen Ansatzpunkt für eine Kooperation im Bereich der energetischen Verwertung der Stoffströme aus der Abfallwirtschaft. Dies müsste jetzt auf den Weg gebracht werden, da für alle Städte und Dörfer in der Region die Suche nach neuen Lösungen zur Nutzung dezentraler, regenerativer Wärmequellen auf der Agenda stehen. Möglich wäre auch, dass die Vereinigten Stadtwerke eine direkte Kooperation mit dem Abfallwirtschaftszentrum Trittau anstreben, da hier bereits ein integriertes Stoffstrommanagement an der Schnittstelle zur Energiewirtschaft praktiziert wird.

Durch derartige Kooperationen könnten zusätzliche Potenziale erschlossen (Material aus der Landschaftspflege, Holzreste, Grünschnitt aus den Haushalten, Pflege von Knicks aus der Landwirtschaft). und insgesamt die energetische Verwertung von Abfall- und Reststoffen erheblich gesteigert werden.

4.5 Planerische Herausforderungen

Die Dezentralität, die Verschiedenartigkeit der Wärmequellen und die Verflechtungen mit der Land- und Forstwirtschaft sowie der Abfallwirtschaft führen insgesamt zu einer sehr heterogenen Versorgungsstruktur mit unterschiedlichen Akteuren und Institutionen, was für eine konsistente, zielorientierte Gesamtplanung auf den verschiedenen Planungsebenen eine besondere Herausforderung darstellt. Die Frage nach den verfügbaren lokalen und regionalen regulativen Ressourcen kann nur beantwortet werden, wenn die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet wird. Erst eine derartige, umfassende Analyse liefert gesicherte Erkenntnisse für den möglichen Anteil der regionalen Biomasse an der Wärmeversorgung. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse sollten in die Energieplanung des Landes eingehen.

Die Infrastrukturplanung für den Bereich Energie liegt im Land Schleswig-Holstein auf Landesebene, sie formuliert Ziele und zeigt Entwicklungspfade auf, macht aber keine Vorgaben für die Transformation lokaler Infrastrukturen. Im Rahmen des Umbaus des Energiesystems stellen sich jedoch zahlreiche neue Herausforderungen, denen die bisherigen Planungskonzepte nicht gerecht werden. Die Deutsche-Energie-Agentur (den) fordert daher:

„Damit der Aus- und Umbau gelingt, braucht es neben der heutigen, wichtigen kommunalen Wärmeplanung eine darauf aufsetzende integrierte lokale Energieleitplanung, die insbesondere alle leitungsgebundenen Energieinfrastrukturen (Strom, Gas/Wasserstoff, Wärme) umfasst. Um den Herausforderungen Rechnung zu tragen, sollte die kommunale Wärmeplanung mit einem hohen Grad an Verbindlichkeit ausgestattet und zu einer mit der lokalen Netzausbauplanung abgestimmten, integrierten Energieleitplanung weiterentwickelt werden. Die lokale Energieleitplanung ergänzt die sektorale Planung durch eine übergeordnete und ganzheitliche Strategie im Sinne einer Systementwicklungsstrategie“. (dena 2023, S. 3)

Eine regionale Energieleitplanung, welche die bestehenden Biomassepotenziale und die spezifischen Stand-Land-Beziehungen in der Wärmeversorgung berücksichtigt, kann auch als Entscheidungsgrundlage in Schleswig-Holstein und der Region Lübeck für die kommunalen Wärmepläne und die landesweite Anlagenplanung genutzt werden.

Strategische Vorgaben aus der Klimapolitik und der nationalen Energiesicherheit stoßen hierbei auf sehr unterschiedliche Bedingungen und Fähigkeiten in den Regionen, diese Anforderungen umzusetzen. Deshalb sind die jetzt gesetzlich verpflichtenden Kommunalen Wärmepläne eine wichtige Grundlage, um den aktuellen Status-quo in der Wärmeversorgung (Bestand und Potenzialanalysen) zu ermitteln und auf dieser Basis einen Pfad zur zukünftigen Wärmeversorgung im jeweiligen Gebiet zu

skizzieren (vgl. Block, Lucas, Wagner 2024). Hierbei sollten der mögliche Einsatz der biogenen Energieträger und ihr umweltverträglicher und energieeffizienter Einsatz im Rahmen eines regionalen, multivalenten Gesamtsystems geprüft werden.

5 Quartiersbezogene Wärmenetze und die Rolle der Biomasse

Das VorAB-Projekt hat sich zum Ziel gesetzt, eine sozial-ökologische kommunale Wärmenetzplanung im Versorgungsgebiet der Vereinigten Stadtwerke (Bad Oldesloe, Mölln, Ratzeburg, Nusse und Reinholdt) zu unterstützen. Als Herausforderungen werden angesehen: „Kluge Kopplungen von Wärmeerzeugung auf Basis verschiedener Energieträger und der Nachfrage. Transdisziplinäre Entwicklung eines Analyserasters für eine kommunale nachhaltige Wärmeversorgung. Entwicklung einer sozial-ökologischen Wärmewendestrategie unter Einschluss von einkommensschwachen Haushalten“ (Schön/Dierich 2022, S. 7). Diese Zielsetzung berührt die Frage, wie mit dem Bestand an Wärmenetzen zukünftig umzugehen ist,¹⁰ Anregungen zur Beantwortung dieser Frage liefern einige innovative Wärmekonzepte aus anderen Städten und Regionen.

5.1 Blockheizkraftwerke (BHKWs) und Wärmenetze im Gebiet der Vereinigten Stadtwerke

Nachfolgend wird die Ausgangssituation bestehender Wärmenetze im Versorgungsgebiet der vereinigten Stadtwerke beschrieben und werden erste Schlussfolgerungen für eine Einbeziehung des Biomassepotenzials in die bestehende KWK-Infrastruktur gezogen.

Im Versorgungsgebiet der Vereinigten Stadtwerke sind 10 größere BHKW, 58 Mini-BHKW bis 45 kW thermische Leistung und eine Wärmepumpe im Einsatz, die auf Basis der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) dezentral Strom und Wärme erzeugen (siehe nachfolgende Karte). Darüber hinaus betreiben die Vereinigten Stadtwerke drei Wärmenetze in Bad Oldesloe; Innenstadt/Travebad, Schanzenberg und Möhlenbecker Weg. In der Stadt Mölln gibt es lediglich ein kleines Wärmenetz auf dem Schulberg. In Ratzeburg wird ein Wärmenetz am Standort Dreieck betrieben.

Insgesamt fällt auf, dass in den drei Städten die Wärmeversorgung über Nahwärmenetze unterschiedlich ausgeprägt ist. Herausforderungen für die anstehende Wärmeplanung bestehen vor allem beim Ersatz des konventionellen Erdgases und dem weiteren Bezug von Bio-Methan, da der bisherige Lieferant aufgrund einer Insolvenz ausgefallen ist. Eine mögliche regionale Quelle für Bio-Methan könnte die regionale Abfallwirtschaft sein, wenn eine entsprechende Anlage zur Verwertung des Biomasseaufkommens aus den Haushalten der Region gebaut wird. Offen ist, inwieweit ein direkter Bezug von Biogas aus der Landwirtschaft möglich ist. Hierbei sollte auch in den Blick kommen, in welchen Strukturen Biogas im Landkreis Herzogtum Lauenburg produziert wird und zukünftig produziert werden kann (Nutzung nachwachsender Rohstoffe, Kuppelprodukte aus der Tierhaltung und Abfallwirtschaft etc.). Dies hängt auch stark von der Lage bestehender Biogasanlagen und deren Möglichkeiten einer Modernisierung ab. Ein gutes Beispiel in dieser Hinsicht haben die Stadtwerke Grevesmühlen (MV) vorzuweisen, welche die Hälfte der 10.000 Einwohner*innen der Stadt mit Wärme aus einer Biogasanlage versorgen (vgl. Bundesverband Windenergie MV 2019).

¹⁰ Insgesamt besteht die Herausforderung, die bestehende Gasleitungsinfrastruktur an die neuen, regenerativen Wärmequellen anzupassen.

Tabelle 1: Wärmenetze der Vereinigten Stadtwerke (Stand 2022)

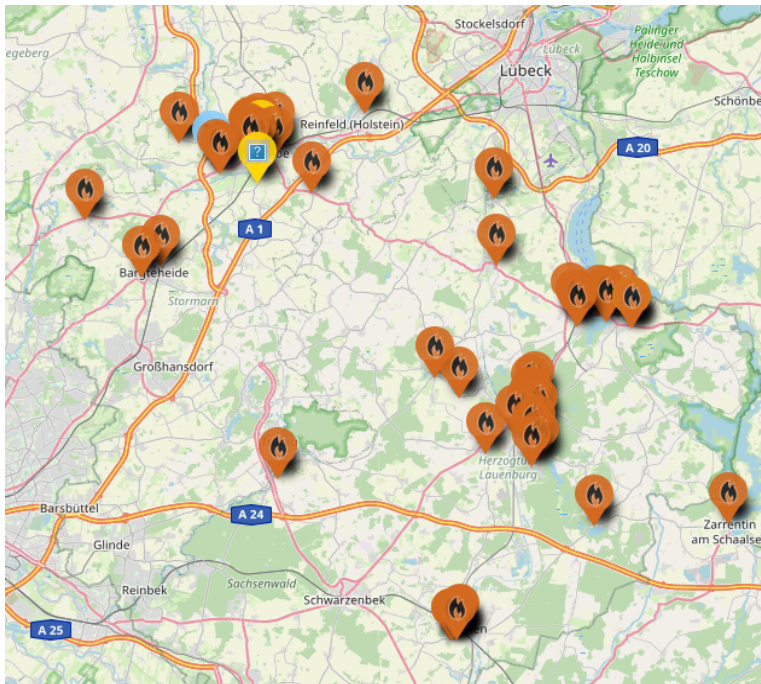
Lage und Standort des Wärmenetzes	Technik, Energieträger	Leistung kWh	Netzlänge Anteil reg. Energieträger
Hallenbad / Innenstadt, Bad Oldesloe	KWK-und Kessel auf Erdgas (68 % und Biomethan (32 %))	13.049.739	Kein Netz, 50 %
Möhlenbecker Weg, Bad Oldesloe	KWK-Kessel Erdgas 11 %, Biogas 89 %, Fernwärme aus Biogas 92,7 %	2.348.452	88 %
Schanzenbarg Bad Oldesloe	BHKW und Kessel Erdgas 49,9 %, Bio-Methan 19,5%, Fernwärme aus Biogas 30,6%	17.980,631	12.297 m 54 %
Auf dem Schulberg, Mölln	BHKW und Kessel, Erdgas 52,6 %, Bio-Methan 47,4 %	9.260.034	3.093 m 73 %
Alter Postweg, Dreiangel, Ratzeburg	BHKW-und Kessel, Erdgas 36 %. Biomethan 64 %	3.249.000	5.127 m 87 %

Quelle: Eigene Zusammenstellung nach Angaben der Vereinigten Stadtwerke (2023)

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung steht auch an, mögliche Netzerweiterungen oder den Neubau von Netzen zu prüfen. Eine solche Option kann nur verfolgt werden, wenn die siedlungsstrukturellen Gegebenheiten passen, neue Wärmequellen erschlossen werden und Anschlussbereitschaft der Hauseigentümer zu einer wirtschaftlich tragfähigen Versorgung führt. Räumlich ist eine Nähe zwischen den Erzeugungsanlagen und den zu versorgenden Quartieren anzustreben. Dies minimiert auch möglich Wärmeverluste.

Wenn auf Biogas als Energieträger zurückgegriffen wird, sind auch sog. „Satelliten BHKW“ eine Option. Sie stehen in unmittelbarer Nähe zum zu versorgenden Quartier/Dorf und sind über eine Gasleitung mit der Biogasanlage verbunden. Eine derartige biogasbasierte Versorgung wird bereits von den Vereinigten Stadtwerken am Standort Möhlenbecker Weg in Bad Oldesloe praktiziert. Ob ein derartiges Konzept auf anderen Standorten im Versorgungsgebiet realisiert werden kann, sollte geprüft werden.

Abb. 4: Energieerzeugungsanlagen im Versorgungsgebiet der Vereinigten Stadtwerke



Quelle: Vereinigte Stadtwerke (2023)

Die Karte macht deutlich, dass die Wärmeerzeugung mit KWK auf viele kleine Anlagen verteilt ist und die Standorte sich an den zu versorgenden Objekten orientieren. Die Blockheizkraftwerke werden mehrheitlich mit konventionellem Gas betrieben.

Auch in Zukunft werden KWK-Anlagen eine zentrale Rolle spielen, um eine Klimaneutralität des gesamten Energiesystems bis 2045 zu erreichen. KWK-Anlagen sind aufgrund ihrer Doppelfunktion als Strom- und Wärmeerzeuger in zweierlei Hinsicht systemrelevant: sie können bei flexibler Betriebsführung das volatile EE-Dargebot an einsehbarem Strom ausgleichen und absichern; sie können in Verbindung mit dezentralen Wärmenetzen einen wichtigen Beitrag zur Wärmeversorgung leisten. Eine große Herausforderung besteht für die Vereinigten Stadtwerke in einer schrittweisen Umstellung auf klimaneutrale Energieträger. Eine diesbezügliche Planung bewegt sich derzeit auf unsicheren Grundlagen, da die zukünftige Rolle einzelner Energieträger und der damit verbundene Infrastrukturausbau noch nicht hinreichend geklärt ist. Umso wichtiger ist es daher, sich eigeninitiativ regionale Biomassepotenziale zu sichern. Erst mit der Sicherung der regenerativen Potenziale kann dann über einen Ausbau der bestehenden Wärmenetze und neue KWK-Anlagen¹¹ im Rahmen der Wärmeplanung nachgedacht werden.¹² Damit dies alles auf den Weg gebracht werden kann, sind jedoch umfangreiche Änderungen und Anpassungen im KWK-Gesetz notwendig (vgl. BDEW 2024).

In diesem Zusammenhang wäre im Versorgungsgebiet der Vereinigten Stadtwerke zu prüfen, welche KWKs zukünftig mit welchem regenerativen Energieträger betrieben werden können und ob es möglich ist, die größeren Anlagen mit einem Wärmespeicher auszustatten (soweit noch nicht geschehen).

¹¹ Nach EED ist auch der Einsatz von Erdgas in neuen KWK-Anlagen nicht mehr zulässig.

¹² Die Investitionen in neue Wärmeleitungen zum Transport der Wärme sind jedoch sehr kostenintensiv. Um Wärmeverluste zu vermeiden, ist ein begrenzter Aktionsradius rund um die Wärmequelle anzustreben. Siehe unten das Konzept der dezentralen Heizhäuser in Gettorf.

Die gesetzliche Verpflichtung zur kommunalen Wärmeplanung hat auf kommunaler Ebene dazu geführt, dass alle Kommunen eine Bestands- und Potenzialanalyse erstellen müssen und darauf aufbauend ein Konzept erstellt wird. Die Vereinigten Stadtwerke haben im Rahmen einer Ausschreibung der Stadt Bad Oldesloe den Zuschlag für die Durchführung der hierzu notwendigen Analysen erhalten. Somit ist gewährleistet, dass auf Basis der guten Kenntnisse der örtlichen Verhältnisse nach neuen Lösungen gesucht wird. Dieser Prozess ist am Anfang, verschiedene Technologieoptionen werden derzeit überprüft: Wärmepumpen, Seewasserwärme, Solarthermie, Wärme aus Biomasse und oberflächennahe Erdwärme. Auch die weitere Entwicklung der bestehenden KWK-Infrastruktur sollte in die Planungen Eingang finden.

Letztendlich ist vor dem Hintergrund der vorhandenen Geschäftskonzepte, der personellen Kapazitäten, der bestehenden Infrastrukturausstattung, der Verhältnisse in den Quartieren und der Bedürfnisse der Kunden zu prüfen, welche Art der Wärmeversorgung für die einzelnen Quartiere gewählt wird. Der hierzu notwendige Planungs- und Entscheidungsprozess wird sich über mehrere Jahre erstrecken.

5.2 Innovative Wärmenetz-Konzepte in anderen Städten und Gemeinden

Nachfolgend werden einige dezentrale Wärmekonzepte vorgestellt, die auch für die Wärmeplanungen in der Region Lübeck vielfältige Anregungen bieten.

Das Biomasseheizkraftwerk in der Stadt Wunsiedel (Bayern) mit angeschlossenem Wärmenetz

Das neue Biomasse-Heizkraftwerk in der Stadt Wunsiedel wird mit Baumspitzen, Restholz, Holzabfällen und Landschaftspflegematerial und weiteren trockenen Substraten betrieben. Eine solche Anlage erzeugt im ersten Schritt mit einer ORC-Turbine Strom. Die entstehende Abwärme soll am gleichen Standort genutzt werden, um Holzpellets zu produzieren. Diese können entweder in Einzelfeuerungsanlagen der Haushalte oder in kleineren, dezentralen Heizkraftwerken Verwendung finden. Die kleinen Heizkraftwerke können dann siedlungsnah errichtet werden und ein Nahwärmenetz versorgen. In Wunsiedel wird auch die Abwärme aus dem Energiepark in das geplante Nahwärmenetz eingespeist. Derzeit wird unter den Bürger*innen für das Nahwärmenetz geworben.¹³ Die genaue Trassenführung wird erst festgelegt, wenn genügend Haushalte bereit sind, auf eine Nahwärmeversorgung umzusteigen. Alternativ hierzu könnte aber auch ein Konzept der mobilen Wärme verfolgt werden, welche mit Spezialfahrzeugen die Wärme zu den jeweiligen Objekten bringt. Ein derartiges Konzept könnte in der Region Lübeck mit den Forstbetrieben, den Einrichtungen der Landschaftspflege und der kommunalen Abfallwirtschaft erstellt werden.

Bioenergiedorf Gettorf / SH – das regenerative Speicherkraftwerk mit Wärmenetz

In welche Richtung ein Ansatz der KWK-Versorgung mit Biogas aus der Landwirtschaft weiterverfolgt werden könnte, zeigt ein integriertes Konzept im Bioenergiedorf Gettorf, welches auf unterschiedlichen Energieträgern und einer flexiblen Sektorkopplung zwischen Strom- und Wärmeerzeugung beruht.¹⁴ Bei der Erzeugung von Biogas kommen Gülle und Mist aus der Schweinehaltung, aber auch Feldfrüchte wie Rüben, Gras, Mais und Silphie – eine gelbblühende, bienenfreundliche Dauerkultur – zum Einsatz. Das so erzeugte Biogas/Rohgas kann in einem Speicher zwischengelagert werden. Die Anlage soll über eine Gasleitung mit mehreren Heizhäusern (KWKs) im Ort verbunden werden, die in Abstimmung mit der Gemeinde geplant werden. Die Heizhäuser verfügen über einen

¹³ Endura, SWW Wunsiedel, Stadt Wunsiedel (2023)

¹⁴ Alle nachfolgenden Informationen sind einem Podcast entnommen, in dem Alexander Graf (2023) den Geschäftsführer des Betreiberunternehmens ASL Martin Lass interviewt.

Wärmespeicher (Wassertank). Das ganze System ist mit der Stromerzeugung gekoppelt. Der Strom wird auf der Basis regenerativer, regionaler Energieträger (Wind, Solar, Biomasse) so bereitgestellt, dass er an der Strombörse einen maximalen Ertrag abwirft, d.h. die BHKWs, die mit Biogas betrieben werden, springen nur an, wenn eine hohe Nachfrage nach Strom existiert. Stehen die Motoren still, erfolgt die Wärmeversorgung über die Wärmespeicher. Die Integration einer Großwärmepumpe in das bestehende Wärmenetz wird derzeit in Gettorf geprüft, um die Abwärme einer naheliegenden Kläranlage nutzbar zu machen. Grundsätzlich ist die gewählte Systemkonfiguration um Solarthermie, Geothermie und Power to Heat Anlagen erweiterbar. Power to Heat ist in Schleswig-Holstein besonders interessant, da hier häufig eine Überlast an regenerativ erzeugtem Strom (im Winter Wind, im Sommer PV) existiert, der abgeregelt werden muss, da die Umspannwerke und Netze diese nicht aufnehmen können. Inzwischen hat der Anlagenbetreiber ASL ein Geschäftsmodell für regenerative Speicherkraftwerke für Biogas und den weiteren Netzausbau entwickelt. Für die Finanzierung des Netzausbaus soll auch Bürgerkapital über eine Beteiligung an einer Kapitalgesellschaft mobilisiert werden. Weitere Beispiele für diesen Ansatz sind Umbauten von Biogasanlagen in Sterup und Boizenburg.

Geplante Nahwärmeversorgung in der Stadt Preetz / SH

Der Vorhaben- und Erschließungsplan zur Wärmeversorgung der Stadt Preetz sieht vor, die halbe Stadt und einen Teil der Gemeinde Pohnsdorf mit Wärme aus einem Nahwärmenetz zu versorgen. Hierzu sollen zwei unterschiedliche Wärmequellen genutzt werden: Solarthermie und Holzhackschnitzelkessel mit vorgeschaltetem Lager. Dieser Kessel sichert die Wärmeversorgung im Winter ab. Zusätzlich zu dieser klassischen Verbrennung sind zwei Pyrolyseanlagen zur Produktion von Pflanzenkohle mit einer Wärmeleistung von je 450 kW vorgesehen. Die so erzeugte Wärme soll in einem Erdbeckenspeicher zwischengelagert werden, so dass eine hohe Flexibilität und Sicherheit der Wärmeversorgung erreicht wird. In einer Energiezentrale werden die unterschiedlichen Elemente zusammengeführt, so dass je nach Verfügbarkeit und Bedarf Wärme abgegeben werden kann.

Als Besonderheit dieser Konfiguration muss sicherlich die Pyrolysetechnik angesehen werden (vgl. Eimannsberger 2023).

„Pyrolyse ist ein thermochemisches Verfahren, bei dem organische Materialien unter Sauerstoffmangel bei sehr hohen Temperaturen ($\geq 500^\circ\text{C}$) vergast werden. Dabei wird z.B. Holz aufgespalten in Cellulose und Lignin. Der Pyrolyseprozess läuft nach der Startphase ohne externe Energiezufuhr ab. Es entsteht neben Wärme auch Pflanzenkohle, ein fester Kohlenstoffspeicher. Der Kohlenstoff wird somit nicht – wie bei der Verbrennung – in Form von CO_2 an die Umgebung abgegeben, sondern zusätzlich gebunden. Diese Art der Wärmeversorgung ist eine CO_2 -Senke und daher besonders klimafreundlich. Durch die hohen Temperaturen entsteht viel Restwärme, die direkt in ein Wärmenetz eingespeist werden kann.“ (ebd. S. 26)

Gleichzeitig ist es möglich, mit dem Produkt Pflanzenkohle ein regionales Stoffstrommanagement zu betreiben, denn die Pflanzenkohle kann vielseitig eingesetzt werden: als Bodenhilfsstoff für die Landwirtschaft, als Torfersatz und Komposthilfsstoff, als Zusatz für die Futtermittelsilage und Güllebeimischung sowie als Stalleinstreu.

Das Projekt wird seit 2017 durch die Bürgerenergiegenossenschaft (PreBEG) verfolgt¹⁵, die auch erhebliche Vorleistungen für den großen Planungs- und Abstimmungsaufwand erbracht hat. In diesem Zeitraum haben sich die Förderkonditionen mehrfach geändert und haben sich die ursprünglich angesetzten Kosten mehr als verdoppelt. Das Vorhaben hat einen Investitionsumfang von ca. 22

¹⁵ Derzeit hat die Genossenschaft 397 Mitglieder, die eine Abnahme von ca. 10.592.000 kWh / Jahr an Wärmeenergie garantieren, was 90 % der Anlagenkapazität entspricht. Siehe zum aktuellen Stand des Ausbaus; <https://prebeg.info/Aktuelles/>

Millionen Euro, wovon die Hälfte über eine Förderung des Bundes (BaFa) übernommen wurde (siehe Homepage der PreBeg). Eine Bürgschaft der Stadt Preetz über 10 Mill. Euro sichert die Kreditaufnahme ab. Aufgrund der Förder- und Kreditzusagen kann den Genossenschaftsmitgliedern derzeit ein Anschlusspreis angeboten werden, der unterhalb der Anschaffung einer Wärmepumpe liegt.

Bioenergie Marienthal

Bei größeren Anlagen macht auch die Umwandlung des Rohgases in Bio-Methan Sinn. In Eckernförde versorgt eine Anlage der Bioenergie Marienthal GmbH, in der Stroh als pflanzliches Substrat durch eine Thermodruckhydrolyse aufgeschlossen und mit Schweinegülle und Hühnertrockenkot vermischt werden, einen nahegelegenen Stadtteil.

Mit technischen Innovationen können auch völlig neue Anlagentypen entstehen. In einem Testlabor an der Universität Flensburg wird auf der einen Seite der Anlage Biogas aus landwirtschaftlichen Reststoffen wie Gülle und Stroh produziert. Auf der anderen Seite wird in einem Elektrolyseur Strom aus erneuerbaren Energien wie Wind und Sonne zur Produktion von Wasserstoff genutzt. Anschließend wird in einem Methanisierungsreaktor aus dem gewonnenen Wasserstoff und dem CO₂ des Biogases reines Methan hergestellt. Zusätzlich wird als „Abfallprodukt“ aus den Gärresten der Biogasproduktion hochwertiger Dünger für die Landwirtschaft gewonnen.¹⁶

5.3 Erste Schlussfolgerungen

Die aufgeführten Beispiele zeigen: In Kombination mit anderen regenerativen Energieträgern können biobasierte Substrate sinnvoll und effektiv zur Versorgung dezentraler Wärmenetze eingesetzt werden. Der gewählte Substratmix ist abhängig von den lokalen Potenzialen und technischen Möglichkeiten, diese zu verarbeiten. Umweltpolitisch besteht die Anforderung, den Input von Anbaubiomasse weiter zu senken und zusätzliche Reststoffpotenziale aus verschiedenen Sektoren im näheren Umfeld der Anlagen zu erschließen. Auch wenn dies gelingt, ist dieses Potenzial begrenzt und limitiert damit den möglichen Anlagenbestand dieses Typus für die Region Lübeck. Die Elektrolyse mittels regenerativen Stroms und Aufschluss der Biomasse durch Pyrolyse sind innovative Verfahren, welche die Energieeffizienz und Klimabilanz verbessern.

Alle vorgestellten Beispiele zeichnen sich durch eine Sektorkopplung zwischen Stromproduktion und Wärmeversorgung aus. Eine flexible Betriebsführung ermöglicht eine Stromabgabe entsprechend der Netzauslastung und eine Orientierung am Wärmebedarf der zu versorgenden Haushalte. Um dies zu ermöglichen sind Puffer in Form von Gas- und Wärmespeichern installiert worden. Anlagen mit Wärmespeicher haben für die Wärmeversorgung vor allem zwei positive Effekte¹⁷: Zum einen können die Schwankungen im Energiedargebot regenerativer Energieträger (Sonne, Wind) ausgeglichen werden, zum anderen können die saisonalen Unterschiede im Wärmebedarf kompensiert werden. Damit wird die Wärmeversorgung insgesamt sicherer und sie leistet einen Beitrag zur Resilienz des Gesamtsystems (Weiß, Dunkelberg, Bergmann 2023). Aus technischer Sicht können die damit verbundenen Konzepte sofort umgesetzt werden. Auch Gebiete mit gering saniertem Altbaubestand

¹⁶ <https://hs-flensburg.de/hochschule/aktuelles/2022/12/1/100-prozent-nachhaltig-im-testlabor-sektorkopplung-power-fuels-and>

¹⁷ Ein weiteres Beispiel ist die geplante Anlage in Meldorf (Kreis Dithmarschen). Hier wird die Abwärme einer Druckerei, einer Biogasanlage (RKM Naturgas) und die Wärme aus einer großen Solarthermie in einem Erdbeckenspeicher gespeichert. Fassungsvermögen: 50 Millionen Liter Wasser. Der Speicher soll einmal für 400 Haushalte in Meldorf die Wärme für Heizung und Warmwasser liefern. Dafür werden aktuell die Leitungen verlegt. (Norddeutscher Rundfunk, Schleswig-Holstein Magazin | 04.09.2023)

können ohne umfangreiche Investitionen der Hausbesitzer in die Haustechnik zu einem wettbewerbsfähigen Preis angeschlossen werden.

6 Von der Planung zum Handeln – dezentrale Wärmekonzepte

6.1 Raumwirkung großer und kleiner Netze

Die Energiewende trifft in den Städten und ländlichen Gebieten der Region Lübeck auf sehr unterschiedliche räumliche Strukturen (Flächenverfügbarkeit, Siedlungsstrukturen). In der Wärmeversorgung sind unterschiedliche Wärmedichten im Bestand, Wärmequellen und Netzstrukturen anzutreffen. Durch den Ausbau erneuerbarer Energien entsteht tendenziell eine Versorgungsstruktur, in der die ländlichen Gebiete die Städte versorgen (Biogasproduktion, Windkraftstandorte, Freiflächen-Solaranlagen). Dies ist nicht automatisch mit neuen Stadt-Land-Kooperationen zwischen Erzeugern und Verbraucher*innen verbunden, wenn der gewonnene Strom und zukünftig auch das Methangas in die vorhandenen Netze eingespeist werden. Netzgebundene Energieversorgungskonzepte führen dazu, dass der konkrete Raumbezug der Energieerzeugung und der Bedarfsorientierung verloren geht, wie am Beispiel der zukünftigen Gasversorgung gezeigt werden kann.

Insbesondere in der Wasserstoffproduktion in Verbindung mit der Elektrolyse gibt es Planungen, diese in die Länder des globalen Südens zu verlagern, den gewonnenen Wasserstoff dort zu verdichten und in Spezialhäfen in das deutsche Gasnetz einzuspeisen (vgl. (BDEW, DVGW. Zukunft Gas 2023, S. 5). Denn mit den deutschen Potenzialen ist der zukünftige Industriebedarf an Wasserstoff nicht zu decken. Eine solche Strategie hat auch Konsequenzen für den weiteren Netzausbau. Die Ertüchtigung der bestehenden Netze für den Transport von Wasserstoff orientiert sich an industriellen Versorgungsschwerpunkten. Hierbei ist zwischen den Fernleitungen zu den Industrieclustern und Ballungsräumen sowie den Verteilnetzen zu unterscheiden (vgl. ebd. S. 28 ff). Wie in zukünftigen Schwachlastbereichen im ländlichen Raum mit dem Gasnetz umgegangen wird, ist derzeit noch offen. Stilllegung könnte hier auch eine Konsequenz wirtschaftlicher Überlegungen sein, wenn durch viele dezentrale Anlagen sich das Betreiben des Netzes nicht mehr lohnt. Der Anteil von Bio-Methan soll bis 2045 auf 100 % gesteigert werden, so dass in neuen Anlagen mit Zugriff auf regionale Biomassepotenziale produziert werden soll. Einmal im Netz eingespeist, wird die Vermarktung über europaweit tätige Vermarktungsgesellschaften erfolgen. Wird dies Realität, haben die bisherigen dezentralen Produktionsweisen und die dezentralen Wärmekonzepte in Verbindung mit der Landwirtschaft nur noch eine Chance, wenn frühzeitig eigene, dezentrale Versorgungsstrategien für die Dörfer und ländlichen Gebiete entwickelt werden. Die Strategie der Gaswirtschaft mindert auch die Einflussmöglichkeiten dezentraler Verteilnetzbetreiber – wie die Vereinigten Stadtwerke – auf die Gestaltung der Wärmeplanung.

Erzeugungsanlagen die über Nahwärmenetze direkt kleinere Städte und Gemeinden versorgen sind demgegenüber in regionale Wertschöpfungsketten eingebunden, insbesondere dann, wenn sie auf regionale Energieträger zurückgreifen. Kleinere Nahwärmenetze sind auch in ländlichen Gemeinden in SH anzutreffen. Hier sind Erzeugung und Netzausbau vielfach in einer Hand (Lokale Unternehmen und Genossenschaften, durch innovative Technologien und Wärmespeicher ist es möglich, die Versorgungsleistung und die Versorgungssicherheit erheblich zu steigern (siehe Kapitel 5.2).

Bei der Nahwärmeversorgung aus Biomasse ist die räumliche Beziehung zwischen Erzeugung und Verbrauch viel enger und auch nachvollziehbarer, was die jeweils beteiligten Akteure betrifft. Die Erzeugungsanlagen von Biogas werden mit regionalen Rohstoffen/Reststoffen betrieben und sind eng mit den Produktionsweisen in den Betrieben der Forst- und Landwirtschaft und der Abfallwirtschaft verbunden. Die räumlichen Bezugspunkte ergeben sich aus der Nutzung der regionalen Potenziale

sowie der Standortwahl der Erzeugungsanlagen zur Umwandlung der Stoffe in verschiedene Energieformen. In der Wärmewende entstehen somit auch dezentrale Aktionsräume, die durch funktionale, technische und administrative Strukturen oder durch die Beziehungen zwischen Stadt und Land geprägt sein können (Lucas et al 2018). In der räumlichen Ausprägung haben wir es hier teilweise mit sehr kleinteiligen Beschaffungs- und Versorgungsbeziehungen in den jeweiligen Landkreisen zu tun, die unabhängig von der übergeordneten Infrastrukturplanung stattfinden.

Um die Potenziale dieser Aktivitäten für eine gesteigerte regionale Wertschöpfung zu fördern, sollten sie auch Gegenstand der kommunalen Wirtschaftsförderung sein. Die wirtschaftspolitische und insbesondere die sektorübergreifende Rahmung auf Bundesebene sollte auch ihre Entsprechung in den Planungen und Unterstützungs- und Beratungsangeboten vor Ort finden. Eine struktur- und wirtschaftspolitische Flankierung der Wärmewende ist notwendig, welche standortpolitisches Know-how, Infrastrukturplanung und Energie- und Wärmeplanung zusammenführt.

6.2 Planerische Aspekte einer Nahwärmeplanung auf Biomassebasis

Die durch den Gesetzgeber angestoßene kommunale Wärmeplanung steht vor der Herausforderung, alle regenerativen Energieträger einzubeziehen und insbesondere im Bereich Biomasse die tatsächliche Verfügbarkeit zu klären. Die nachfolgenden Überlegungen und Empfehlungen dienen dazu, erste Hinweise zu geben, wie dieser Transformationsprozess in der Region Lübeck gestaltet werden kann. Dabei steht die Zusammenarbeit zwischen Gemeinden und Kommunen im Vordergrund, um A) gemeinsam Stoffströme und Versorgungsinfrastrukturen zu planen und B) einen Rahmen für die interkommunale Abstimmung zu schaffen.

Grundlage hierfür sollte - wie bereits dargelegt - eine regionale Analyse der Biomassepotenziale sein, auf denen dann ein regionales, energiebezogenes Stoffstrommanagement aufbauen kann (vgl. Fichter, Kujath 2001). In Schleswig-Holstein könnten dies die drei Planungsregionen sein. In einer an der Daseinsvorsorge orientierte, nachhaltige und resiliente Infrastrukturplanung des Landes sollten die unterschiedlichen Bedingungen und funktionalen Strukturen in den Sektoren Wald- und Forstwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und die bestehenden Nutzungspfade Berücksichtigung finden.

In einem solchen Prozess ist am Anfang der konkrete Raumbezug noch offen. Der Analyserahmen, der sich häufig an den Landkreisen orientiert, muss nicht zwangsläufig mit dem späteren Aktionsraum identisch sein. Denn erst in der weiteren Umsetzung eines energiebezogenen Stoffstrommanagements klärt sich, wie die Verbindungen zwischen Potenzialen in der Urproduktion und der weiteren Verarbeitung räumlich strukturiert sind. Dies sind häufig Stadt-Land-Beziehungen, die auch in den anstehenden kommunalen Wärmeplänen zu berücksichtigen wären, wenn es um die Nutzung der Biomasse für den Wärmebereich geht.

Die kommunale Ausrichtung der Wärmeplanung führt erst einmal dazu, dass die Städte und Landkreise die Bestands- und Potenzialanalyse bezogen auf das eigene Gebiet durchführen. Dies sollte jedoch nicht ausschließen, dass im Bereich der Wärmeerzeugung eine interkommunale Zusammenarbeit gesucht wird. In ihrem Versorgungsgebiet, das die drei Städte Bad Oldesloe, Mölln und Ratzeburg und einige kleinere Gemeinden erfasst, stehen die Vereinigten Stadtwerke z. B. vor der Herausforderung, mögliche Synergien zwischen den verschiedenen Wärmeplanungen der drei Städte zu identifizieren. Beispielsweise könnte versucht werden, das regionale Biomassepotenzial in einem Biomassezentrum logistisch zu bündeln und die einzelnen Substrate für eine energetische Verwertung aufzubereiten. Ein solches Konzept müsste in enger Kooperation mit den forst- und landwirtschaftlichen Betrieben umgesetzt werden.

Eine erweiterte strukturpolitische Sektorkopplung braucht womöglich mehr als nur den Rahmen des Landkreises Herzogtum-Lauenburg. Wenn Akteure aus mehreren Städten und Gemeinden aus der

Land- und Waldwirtschaft, der Landschaftspflege und der Abfallwirtschaft zusammenkommen, bedarf es einer formellen Vereinbarung zwischen den Gebietskörperschaften zur Umsetzung einer nachhaltigen Biomassestrategie auf der Basis von Koppelprodukten und Reststoffen. Es muss ein verbindlicher Kooperationsrahmen für ein regionales Stoffstrommanagement unter Beteiligung der Kommunen und Gemeinden geschaffen werden. Auch solche Kooperationen sind von der Bereitschaft einzelner Institutionen und Akteure abhängig, sich einzubringen. Mit solchen regionalen Netzwerken können die regionale Wirtschaftskraft gestärkt und wichtige Impulse für eine mehr eigenständige Energieversorgung gesetzt werden (siehe hierzu auch die Beispiele aus Preetz, Grevesmühlen und Gettorf/Tüttendorf).

6.3 Planerische und wirtschaftliche Kontexte einer dezentralen Wärmewende

Zunächst eine grundsätzliche Anmerkung: Eine dezentrale Wärmewende unter Einbeziehung regionaler Biomassepotenziale benötigt eine andere Planungskultur. Die notwendigen Abwägungsprozesse zwischen dem Substanzerhalt der natürlichen Systeme und den energiepolitischen und regionalwirtschaftlichen Entwicklungszielen ist im Rahmen einer ressortgebundenen Planung nicht zu leisten. Eine Kandidatin, die notwendige Integration von unterschiedlichen Zielsystemen zu leisten wäre die Regionalplanung, wenn sie mehr Einfluss auf die kommunalen Fachplanungen hätte.

Vor diesem Hintergrund bedarf es neuer Orte und Verfahren um die unterschiedliche Zielsysteme der Nachhaltigkeit, der Residenz und der regionalen Entwicklung fokussiert auf die Energieversorgung zusammenzubringen. Letztlich brachen wir eine neue Planungskultur, welche sich aus der ressortgebundenen Planung und den draus resultierenden räumlichen Arbeitsteilungen (Entwicklungsschwerpunkte, Naturschutzgebiete, Biosphärenreservate) verabschiedet und die Gesamtentwicklung in den Blick nimmt.

Vor diesem Hintergrund ist die kommunale Wärmeplanung mehr als nur eine fachspezifische Planung. Sie hat vorbereitenden Charakter und ist ein Zwitter zwischen räumlicher Planung und Infrastrukturplanung. Durch Bestands- und Potenzialanalysen werden Siedlungsstruktur, Bebauungsart, Baualter der Gebäude, Sanierungsstand, Art der Wärmeversorgung, genutzte Energieträger, Anschlüsse an bestehende Infrastrukturen (Wärme, Strom, Gas) ermittelt. Wichtig sind auch die Beschreibungen der Wärmequellen, sowohl in den Haushalten als auch in den Erzeugungsanlagen, welche die Netze bedienen. Die damit verbundenen Zusammenhänge sollen sichtbar gemacht werden. Vielerorts wurde die Ausgangssituation im Rahmen von Klimaschutzkonzepten bereits ermittelt, z.B. im Landkreis Plön¹⁸, ohne dass dies zu einer verbindlichen Planung geführt hätte. Allerdings sollte auf die damit verbundene Bestandsaufnahme zurückgegriffen werden.

Im Rahmen der Potenzialanalyse sollten auch die regionalen Versorgungsbeziehungen im Bereich der Biomasse untersucht werden. Hierbei ist die Sektorkopplung zwischen Energiewirtschaft, Abfallwirtschaft und der Wald- und Landwirtschaft zu beachten (vgl. hierzu auch Block, Lucas, Wagner 2024). In den hieran anschließenden Szenarien ist darzustellen, inwieweit durch die Maßnahmen der Energie- und Wärmewende die lokale und regionale Ökonomie gestärkt werden kann (vgl. Brandt, Gärtner 2018). Hier sind die Institutionen der Wirtschaftsförderung gefordert, entsprechende strukturpolitische Erkenntnisse beizusteuern.

¹⁸ Der Landkreis Plön hat in einem Kreisbericht „Unser Dörf ward warm“ auf der Basis eines „Wärmeplanungskataster Plus“ für einzelne Gemeinden konkrete Vorschläge zur Verstetigung einer Wärmewende auf Kreisebene vorgestellt, OFC Consulting et al 2021, S. 65 ff.

Die Ergebnisse der Wärmeplanung müssen mit anderen Planungsbereichen (Regionalplanung, Bauleitplanung, Energieleitplanung) abgeglichen werden. Zu beachten ist, dass die kommunale Wärmeplanung eine übergeordnete Infrastrukturplanung nicht ersetzen kann. Diese beeinflusst die kommunale Ebene insbesondere im Bereich der leitungsgebundenen Energieversorgung erheblich. Auch die Infrastrukturplanung steht insgesamt vor neuen Integrationsaufgaben, die unterschiedliche Bedarfe aus Industrie, Haushalte, Verkehr müssen abgestimmt werden. Dies betrifft die zukünftige, räumliche Struktur der Wärmeversorgung und damit verbundene Prioritäten im Netzausbau sowie im Strombereich insbesondere das Lastmanagement (vgl. DENA 2023). Hierbei ist kritisch zu sehen, dass das Verhältnis zentraler und dezentraler Steuerungsmöglichkeiten unter dem Fokus auf die nationale Versorgungssicherheit sich zu Gunsten einer nationalen Beschaffungsstrategie verlagern könnte, in der die Daseinsvorsorge in den einzelnen Regionen wenig Beachtung findet.

Deshalb ist es wichtig, die regionalen Planungskapazitäten grundlegend zu stärken und die Netzplanung nicht nur einer übergeordneten Regulierungsbehörde zu überlassen. Am Ende der regionalen Planung sollten eine Fokussierung auf zentrale Handlungsfelder, ein zeitlich abgestufter Maßnahmenplan sowie eine Abschätzung der notwendigen Investitionen mit einem Finanzierungsplan stehen. Es können dabei mehrere Pfade aufgezeigt werden, wie die klimapolitischen Ziele mit welchen Mitteln zu welchen Zeitpunkten erreicht werden können.

Die politischen Verantwortlichen in den Städten, Kreisen und die zuständigen Verwaltungen müssen sich fragen, welche Rolle und welche Aufgaben sie in diesem Transformationsprozess wahrnehmen wollen. (Eine allgemeine Beschreibung des Handlungsbedarfs ist nicht ausreichend.) Sollen beispielsweise die bestehenden Informations- und Beratungsinstrumente ausgebaut werden? Welche planerischen Instrumente können zur Unterstützung der Akteure bereitgestellt werden? Wer soll welche Investitionen tätigen? Wer übernimmt Koordinationsaufgaben innerhalb der Verwaltung und bei der Einbindung wichtiger Stakeholder?

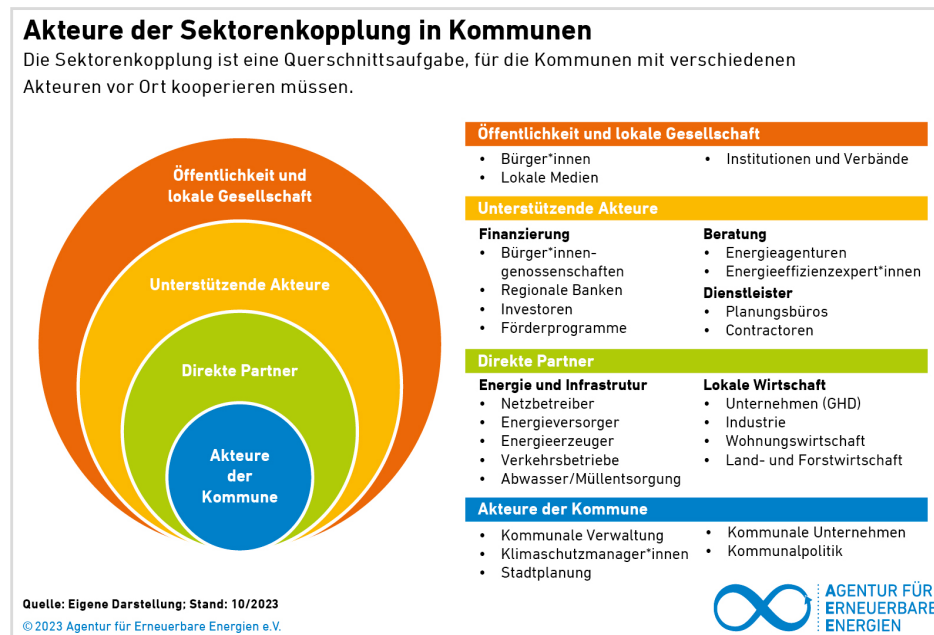
Letztlich entscheiden hierüber die kommunalen Parlamente nach Vorlage durch die Verwaltungen. Diese Vorlagen sollten zukünftig mehr die Gesamtentwicklung in den Blick nehmen und sich nicht nur mit den Details der Umsetzung befassen. Eine andere Planungs- und Entscheidungskultur ist notwendig, um Richtungssicherheit für Fragen der Nachhaltigkeit und Resilienz zu erlangen. Zu dieser neuen Planungskultur gehört auch, dass in die Strategieentwicklung und die Umsetzung von Anfang an Akteure aus Wirtschaft, Planung und Zivilgesellschaft eingebunden werden. Hierzu bedarf es eines Netzwerkdesigns mit verbindlichen Beteiligungsstrukturen.

6.4 Netzwerkdesign, Themen und Beteiligungsstrukturen in einem Wärmedialog

Klimaschutz als Gemeinschaftsaufgabe bedarf eines Netzwerkdesigns. Zielfindung, grundlegende Aufgaben der Wärmeplanung, fachspezifische und quartiersbezogene Umsetzung sollten in unterschiedlichen Gremien behandelt werden. Es ist auch zu klären, wie Verwaltung, Privatwirtschaft und Bürger*innen in einen regelmäßigen Austausch treten können und welche Formate hierfür geeignet sind.

Dabei besteht in jedem Prozessschritt die Herausforderung, sehr unterschiedliche Akteure einzubeziehen, die jeweils einen unterschiedlichen Wissensstand haben und unterschiedliche Interessen verfolgen:

Abb. 5: Akteure der Sektorkopplung in Kommunen



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien (AEE 2023)

Hinsichtlich der Informationsbereitstellung kann an den Analysen im Rahmen der Klimaschutzkonzepte angeknüpft werden. Aber für die Wärmeplanung bedarf es erweiterter Grundlagen, welche den tatsächlichen Zustand des Versorgungssystems abbilden und bisherige Erfahrungen aufbereiten, z.B.

- Wärmeplanungskataster: dieses GIS-Werkzeug verschränkt vorhandene Wärmeinfrastrukturen, Wärmebedarfe und z. T. Wärmeerzeuger und ermittelt Potenziale für die klimafreundliche Wärmeplanung.
- Solar- und Gründachpotenzialkataster für Gebäudeeigentümer*innen zeigt an, ob ein Gebäudedach für die Erzeugung von Solarstrom oder Wärme (Solarthermie) geeignet ist.
- Dokumentation bereits abgeschlossener Quartierskonzepte (KfW-432), Städtebauförderung, Amts-Ortskern- und Dorfentwicklungskonzepte
- Informationen über Musterfestsetzungen, gelungene B-Pläne/gute Beispiele.

Diese und weitere Informationen könnten auf einer Plattform zusammengeführt werden.¹⁹ In diese öffentlich zugängliche Plattform könnte ein Dialogforum zu bestimmten Themen integriert werden (Dialog Wärmewende). Ein mögliches Dialogthema könnten beispielsweise die nicht genutzten Primär- und Reststoffe in einzelnen Sektoren sein und die mögliche Erschließung dieser Potenziale unter Beachtung natur- und umweltbezogener sowie wirtschaftlicher Kriterien. Dies könnte auch die Netzwerkarbeit zwischen Akteuren aus der Energiewirtschaft und Landwirtschaft insgesamt befördern. In der Netzwerkarbeit wäre zu klären, wie die einzelnen Kommunen in der Wärmeplanung die Biomassepotenziale des Umlands einbinden können und welche infrastrukturellen Voraussetzungen hierfür geschaffen werden müssen. Hierdurch kommen zusätzliche Akteure in den Blick, wie z.B. potenzielle Anlagenbetreiber, Unternehmen aus der Abfallwirtschaft, Landwirtschaft und Energiewirtschaft sowie bestehende Modellprojekte in unterschiedlichen Versorgungsbereichen. Weitere Themen eines Wärmedialogs könnten entlang folgender Fragestellungen aufgegriffen werden:

¹⁹ Der räumliche Zuschnitt einer solchen Plattform sollte sich im ländlichen Raum an den Landkreisen orientieren. Er hätte dann auch eine wichtige Unterstützungsfunktion für die einzelnen Gemeinden.

- Wie kommt man von den modellhaften Einzellösungen in den Betrieben und Dörfern zu einer konsistenten Wärmeplanung für ländliche Räume?
- Wie wird hierbei das Spannungsverhältnis zwischen zentraler oder dezentraler Wärmeversorgung gelöst (Unabhängigkeit versus Systemeffizienz)?
- Wie kann eine Daseinsvorsorge in der Wärmeplanung gestaltet werden?
- Wie kann es gelingen, die regionale Wärmeerzeugung an bestehende Strukturen und Potenziale anzupassen, insbesondere was die Erschließung der Abwärmepotenziale betrifft?

Ein möglicher räumlicher Zuschnitt für ein derartiges Netzwerk wäre auf Basis der durchgeführten Recherchen nicht die Gesamtregion Lübeck, sondern das Versorgungsgebiet der Vereinigten Stadtwerke und das Entsorgungsgebiet der Abfallwirtschaft Südholstein. Zunächst sollte ein Kern von Akteuren aus den kommunalen Verwaltungen der Kreise Herzogtum Lauenburg und Stormarn und deren direkte Partner in den Infrastrukturbereichen und der lokalen Wirtschaft einbezogen werden. Zur lokalen Wirtschaft gehören ausdrücklich auch innovative Vorreiterprojekte, die eine wichtige Impulsfunktion für die Umsetzung einer nachhaltigen Wärmewende haben.

6.5 Das Wärmewende-Management als unternehmerische Aufgabe

Im Energieteam des Projektes VorAB wurde bereits ausführlich über die Frage diskutiert, welche Wärmeversorgung im ländlichen Raum sinnvoll ist (vgl. Energieteam 2024). Konsens ist, in der Wärmeversorgung bedarfsgerecht zu wirtschaften, regionale Biomassepotenziale umweltgerecht zu nutzen und in regionalen Wertschöpfungsketten zu kooperieren.

Die Umsetzung dieser Vorstellungen hängt jedoch im Wesentlichen von ökonomischen Faktoren ab. Die regenerativen Versorgungspfade zur Wärmeversorgung bedürfen erheblicher Investitionen in Infrastrukturen und Anlagen und es ist die Frage, ob und wie diesen finanziellen Herausforderungen durch regionale Unternehmen und Bürgerinitiativen begegnet werden kann. Finanzierungsmodelle und Förderkonditionen müssen auf die regionalen Bedingungen und Bedürfnisse zugeschnitten werden. Hierzu bedarf es der Unterstützung professioneller Dienstleister und bei Standortfragen auch einer kommunalpolitischen Unterstützung durch die flächenbezogene Planung und die Wirtschaftsförderung.

Für den Betrieb der Anlagen und die Versorgung der Kund*innen ist ein Geschäftsmodell notwendig, welches die getätigten Investitionen refinanziert und die laufenden Betriebskosten abdeckt. In diesem Zusammenhang sind privatwirtschaftliche oder genossenschaftliche Modelle unter Beteiligung der Endkund*innen denkbar. Voraussetzung für das Betreiben eines Wärmenetzes ist jedoch immer, dass sich eine genügende Anzahl von Kund*innen findet, die bereit sind sich an ein Wärmenetz anzuschließen.

Bei einer Wärmenetzlösung geht es versorgungsseitig unter dem Gesichtspunkt der Resilienz darum, unterschiedliche regenerative Wärmequellen zu erschließen, um beim Ausfall einer Versorgungslinie Alternativen zu haben. Dies erhöht die Versorgungssicherheit. Des Weiteren gilt es eine Wärmeversorgung aufzubauen, die möglichst flexibel in der Lage ist, auf unterschiedliche Wärmebedarfe zu reagieren. Damit dies gelingt, sind alle Sektoren einzubeziehen, die über Biomassepotenziale verfügen.

Neben dem Substratmanagement ist auch ein Anlagenmanagement notwendig. Es müssen mehr dezentrale Anlagen für die Wärmeversorgung gebaut werden (wie in Gettorf und Meldorf), die möglichst nahe am Verbrauchsort angesiedelt sind, um die Wärmenetze ohne große Wärmeverluste betreiben zu können. Diese Anlagen sollten jedoch nicht nur Strom und Wärme erzeugen, sondern auch über Vorratsspeicher für die Energieträger und Wärmespeicher verfügen.

Ein solches Anforderungsprofil überfordert viele Unternehmen. In der Regel gibt es eine Arbeitsteilung zwischen Anlagenbau, infrastrukturellen Planungs- und Bauleistungen und dem Betrieb der Anlagen. Dies alles unter einen Hut zu bringen, ist eine unternehmerische Herausforderung, den bisher nur wenige Unternehmen gerecht werden. Häufig wird auch ein Generalunternehmer eingeschaltet, der das ganze koordiniert. Systemkompetenz und regionales Know-how müssen in einem Geschäftsmodell zusammengeführt werden. Gleichzeitig ist eine Nähe zur Kundschaft, den Bürgerinnen und Bürgern, essentiell.

Es gibt in Schleswig-Holstein nur wenige technische Dienstleister mit entsprechendem Know-How, welche die neuen Lösungen umsetzen können. Hinzu kommt, dass es für die neuen Aufgaben zu wenig qualifiziertes Personal gibt. Vor diesem Hintergrund bedarf es einer Erhöhung der Angebotskapazitäten und einer Neuausrichtung der Ausbildungsschwerpunkte, damit die Wärmewende auch umgesetzt werden kann.

6.6 Wichtige Impulsfunktion des VorAB-Projektes

Im Rahmen des politischen Prozesses einer nachhaltigen und resilienten Wärmewende hat das VorAB-Projekt eine wichtige Impulsfunktion „Energie neu zu denken“, gerade im Kontext einer Biomasse-Strategie unter Einbeziehung der Land- und Waldwirtschaft. Bäume und Ackerpflanzen können CO₂ speichern, leisten einen Beitrag zur Humusbildung, sind Nahrung für Tiere und Menschen und das alles, bevor sie zur Biomasse werden, die stofflich und/oder energetisch verwertet wird. Dies alles wird übersehen, wenn Pflanzen generell eine geringe „Flächeneffizienz“ im Vergleich zu anderen regenerativen Energieträgern bescheinigt wird. Deswegen reicht es nicht, nur eindimensional den Energieoutput zu messen, es sollte der gesamte Lebenszyklus einer Pflanze ebenso betrachtet werden wie die vielfältigen „Leistungen“, die sie in ihrem Leben erbringt. Ein solches Verständnis führt auch zu anderen Produktionsweisen, weg von den Monokulturen, die wie beim Mais nur auf das Produktionsziel „energetische Verwertung“ ausgerichtet werden, hin zu einer vielfältigen Kreislaufwirtschaft mit integrierter Reststoffnutzung auch für die Energieerzeugung.

Grundsätzlich sollte geprüft werden, welche Rolle die Energiegewinnung aus Biomasse in der Region Lübeck spielen kann, denn ihr Potenzial ist begrenzt. Ihr Einsatz sollte energieeffizient erfolgen und vor allem dann, wenn andere regenerative Energieträger nicht oder nur in geringem Maße zur Verfügung stehen. Kommunale Heizzentralen sollten auf verschiedene Wärmequellen/regenerative Energieträger zurückgreifen und auch mit Wärmespeichern ausgerüstet sein. Gute Beispiele für multivalente Wärmekonzepte auf Basis verschiedener Wärmequellen sind in Schleswig-Holstein in den Gemeinden Gettdorf und Preetz in Planung. (vgl. Eimannsberger 2023; Bio-Energie Gettdorf 2024).

Die neu entstehenden, resilienten Versorgungsstrukturen unter Einbeziehung der Fähigkeiten der lokalen Wirtschaft und des Engagements der Bürger*innen könnten durch explorative Szenarien flankiert werden, wie sie die Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH vorgelegt hat (EKSH 2017). Das Szenario „SMALL IS BEAUTIFUL – BOOM LOKALER KREISLÄUFE“ entwirft ein Gesamtbild, wie eine zukünftige, dezentrale Energieversorgung aussehen könnte:

„Unterstützt von attraktiven Randbedingungen engagieren sich die Menschen in Schleswig-Holstein verstärkt in ihrer unmittelbaren Umgebung. Das Kostenminimierungsparadigma weicht einer ganzheitlicheren Betrachtung von Wertschöpfungskreisläufen und gesellschaftlichem Wohlergehen, Kommune und Region rücken dabei als greifbare Bezugspunkte in den Vordergrund. Die Energiewende in Schleswig-Holstein vollzieht sich von unten nach oben: Sie findet breite Unterstützung in der Bevölkerung und bedient sich einer Vielzahl intelligent vernetzter, kleinskaliger Strukturen.“ (ebd. S. 38).

Dieser Ausblick auf die Energiezukunft setzt vor allem auf Dezentralität und Schwarmintelligenz:

„Zahlreiche kleinskalige Lösungen auf Haushalts- und kommunaler Ebene dominieren die Energielandschaft, viele davon von örtlichen Start-Ups in Kenntnis der speziellen Anforderungen entwickelt. Lokaler Energiebezug ist auf dem Land Normalität, Sektorkopplung, zum Beispiel in Form von dörflichen Nahwärmenetzen und kleinskaligen KWK-Lösungen, ist selbstverständlich. Einige Kommunen und Regionen sind bilanziell autark, viele haben ihre Erzeuger und Verbraucher in Microgrids zusammengeschlossen, in denen die einzelnen Erzeugungs- und Speicherkomponenten ihren Betriebszustand intelligent in Reaktion auf Netzsignale an die aktuellen Erfordernisse anpassen. Dazu gehören auch die E-Fahrzeugflotte als Schwarm Speicher sowie Demand Side Management. Die Politik honoriert solche Anstrengungen, indem sie die Netzentgelte für Kommunen und Regionen reduziert, die ihre Leistungsabnahme in der Spitze signifikant verringern. Die Finanzierungslücke wird im Gegenzug sukzessive durch Steuern geschlossen.“ (ebd. S. 48)

In den möglichen Szenarien zu einer regionalen Wärmewende sollten aber auch mögliche Zielkonflikte in der Umsetzung thematisiert werden. Im Bereich der Biomassestrategie ist dies vor allem die Frage, wie mit nicht nachhaltigen Strukturen in der Land- und Forstwirtschaft umgegangen wird (z.B. Reststoffe aus der Massentierhaltung), wenn die aus diesen Strukturen gewonnenen Reststoffe Ausgangspunkt für eine energetische Verwertung sind.

Für den zukünftigen Umgang mit der Biomasse werden derzeit Strategien auf Bundesebene entwickelt (BMEL 2023). Hierbei sollen Kriterien zur Ernährungssicherheit, des Klimaschutzes, der Biodiversität, des Umweltschutzes und der Energie- und Rohstoffversorgung berücksichtigt werden. Es sollte aber zweierlei nicht vergessen werden. Erstens ist bei einer Biomassestrategie auch immer ein konkreter Raumbezug notwendig, mit dem Ziel, Perspektiven für widerstandsfähige und lernende Städte und Regionen zu entwickeln (vgl. Kegler 2014). Kegler spricht auch von einer notwendigen „Planungskunst für eine resiliente Stadt-Land-Region“ (ebd. S.153), die nicht nur auf Krisen reagiert, sondern bewusst gesellschaftliche Transformationen gestaltet. Zweitens können Mann und Frau nur hoffen, dass bei aller strategischen Orientierung hinsichtlich der regionalen Realitäten eine „differenzsensible“ Gestaltung ermöglicht wird (Ried/Braun/Dabrock 2017, S. 206) und dabei das Naheliegende und Alltägliche nicht vergessen wird: Das gute Leben in den städtischen Quartieren und auf dem Lande.

Danksagung

Schlussendlich gilt es Uta von Winterfeld und Simon Block (beide Wuppertal Institut) meinen Dank auszusprechen: Für die anregende Zusammenarbeit und das in Form bringen für die Veröffentlichung. Besonders hervorheben möchte ich die kollegiale und kritische Kommentierung durch Axel Dierich von "Inter 3". Das war mehr als nur eine formale Qualitätssicherung. Auch dafür ein herzliches Dankeschön.

7 Literatur und Internetquellen

AEE - Agentur für Erneuerbare Energien (2023): Akteure der kommunalen Sektorenkopplung. Siehe unter: <https://www.unendlich-viel-energie.de/akteure-der-kommunalen-sektorenkopplung>. Abgerufen am 5.12.2023.

Baur, Frank; Hoffmann, Patrick; Noll, Florian; Wern, Bernhard (2022): Klimaneutrale Wärmeversorgung der Zukunft – was kann und muss Bioenergie leisten? Siehe unter: https://www.researchgate.net/publication/361468125_Klimaneutrale_Waermeversorgung_der_Zukunft_-_was_kann_und_muss_Bioenergie_leisten? Abgerufen am 24.10.2023.

BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2024): Aktuelle Hemmnisse und Maßnahmen zur Weiterentwicklung der KWK und des KWKG. Positionspapier.1.0., siehe unter: https://www.bdew.de/media/documents/2024-02-01_Positionspapier_aktueller_Stand_KWK_KWKG_oA.pdf. Abgerufen am 24.02.2024.

BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.; DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.; Zukunft Gas e. V. (Hrsg.) (2023): Weg zu einem resilienten und klimaneutralen Energiesystem 2045. Siehe unter: https://www.bdew.de/media/original_images/2023/05/09/transformationpfad-fur-die-neuen-gase_web_f.pdf. Abgerufen am 22.02.2024.

BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2021): Die Energieversorgung 2021, Jahresbericht. Siehe unter: https://www.bdew.de/media/documents/Jahresbericht_2021_UPDATE_Juni_2022.pdf. Abgerufen am 6.12.2023.

Bio-Energie Gettorf (2024): Neuigkeiten auf der Homepage. Siehe unter: <https://www.bioenergie-gettorf.de/neuigkeiten>. Abgerufen am 15.02.2024.

Block, Simon; Wagner, Oliver; Kobiela, Georg (2022): Stadt-Land-Verbund zur Energiewende. VorAB Diskussionspapier 3. Siehe unter: https://vorab.online/wp-content/uploads/2022/03/Diskussionspapier_Stadt-Land-Verbund-zur-Energiewende.pdf. Abgerufen am 30.01.2024.

Block, Simon; Lucas, Rainer; Wagner, Oliver (2024): Kommunale Wärmeplanung in ländlichen Räumen – Wirtschaftssektorale, siedlungsstrukturelle und potenzialbezogene Besonderheiten beachten! Transforming Cities Heft 1/24. S. 10-14.

BMEL - Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2023): Pressemitteilung „Bundesministerien legen gemeinsame 3für eine Nationale Biomassestrategie vor.“ Siehe unter:

- <https://www.bmel.de/SharedDocs/Meldungen/DE/Presse/2022/221006-biomassestrategie.html>.
Abgerufen am 10.11.2023.
- BMWK - Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023): Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS). Siehe unter:
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/nabis-eckpunktepapier-nationale-biomassestrategie.html>. Abgerufen am 5.11.2023.
- Brandt, Martina; Gärtner, Stefan (2018): Lokale Ökonomie – Was wer wie auf welchen Ebenen? In: Niermann, O.; Schnur, O.; Drilling, M. (Hrsg.): Ökonomie im Quartier. Quartiersforschung. Wiesbaden: Springer VS.
- Bundesverband Windenergie (BWE-MV) (2019): Stadtwerke Grevesmühlen – „Es geht voran“. In: Energieland MV, Ausgabe 7, S. 4 -5., Sternberg.
- DENA -Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (2023): „Lokale Energieinfrastrukturen – Rückgrat der Energiewende vor Ort, Impulse für einen integrierten Planungsprozess auf lokaler Ebene. Siehe unter
https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/IMPULSPAPIER_Lokale_Energieinfrastrukturen-Rueckgrat_der_Energiewende_vor_Ort.pdf. Abgerufen am 10.11.2023.
- Eimannsberger, Hans (2023): Zukünftig handeln - oder Wie die Wärmewende gelingen kann. Präsentation Quartierskonzept Kastorf am 4.10.2023, siehe unter: https://kastorf.de/wp-content/uploads/2023/10/2023-10-04_Klimaschutz-in-Kastorf_v2.pdf. Abgerufen am 20.01.2024.
- EKSH Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH, Hrsg. (2017): Energielandschaften Schleswig-Holstein 2042. Szenarien zur Zukunft der Energiewirtschaft in Schleswig-Holstein. Siehe unter:
https://www.eksh.org/fileadmin/downloads/themen/Energielandschaften_2042/Web_EKSH_ZPKt-Report.pdf. Abgerufen am 29.10.2023.
- Endura Nordbayern; SWW Wunsiedel, Stadt Wunsiedel (2023): Auftaktveranstaltung Wärmenetz Wunsiedel. Den WUNSiedler Weg weitergehen. Siehe unter: https://www.waermenetz-wunsiedel.de/fileadmin/media/wunsiedel/Daten_endura/Dokumente/231016_WUN_WN_ek_Auftaktveranstaltung_Wunsiedel_Webseite.pdf. Abgerufen am 29.10.2023.
- Energieteam VorAB (2024): Klüger ist schwer. Elf Versuche Energie anders zu denken. VorAB Impuls 5. Siehe unter: https://www.zukunftsstadt-stadtlandplus.de/files/zukunftsstadt-stadtlandplus/Publikationen/202400208_Klueger-ist-schwer-VorAB-Impuls-5.pdf. Abgerufen am 9.02.2024.
- Fachverband Biogas (2023): Stellungnahme zum ersten Entwurf Netzentwicklungsplan Strom 2037/2045 (2023), Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber. Stand: 24.04.2023. Siehe unter:
https://www.netzentwicklungsplan.de/system/files/statements/2037_2023/anon/Fachverband%20Biogas%20e.V._0.pdf. Abgerufen am 9.11.2023.
- Fehrenbach, H., Giegrich, J., Reinhardt, G., Schmitz, J., Sayer, U., Gretz, M., Lanje, K. (2008). Criteria for a Sustainable Use of Bioenergy on a Global Scale. Dessau: Umweltbundesamt.
- Fekkek, Miriam; Fleischhauer, Mark; Greiving, Stefan; Lucas, Rainer; Schinkel, Jennifer; von Winterfeld, Uta (2016): „Resiliente Stadt – Zukunftsstadt“. Forschungsgutachten Im Auftrag des

- Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MBWSV), siehe Unter:
https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6614/file/6614_Resiliente_Stadt.pdf.
Abgerufen am 9.11.2023.
- Fichter, Heide; Kujath, Hans-Joachim (2001): Wirtschaftsräume und nachhaltige regionale Stoffnetzwerke. In: Dybe, Georg/Rogall, Holger. (Hrsg.): Die ökonomische Säule der Nachhaltigkeit: Annäherungen aus gesamtwirtschaftlicher, regionaler und betrieblicher Perspektive. Berlin: Edition Sigma, S. 121-147.
- FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2011): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Siehe unter:
https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/fg_broschur_energiepfl_eva_2011_v2.pdf.
Abgerufen am 30.11.2023.
- FNR - Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (2024a): Grafik Erneuerbare Wärme 2023. Siehe unter: <https://mediathek.fnr.de/grafiken/bioenergie/feste-biobrennstoffe/erneuerbare-waerme.html>. Abgerufen am 24.04.2024.
- FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2024b): Grafik zur Entwicklung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2016-2023. Siehe unter: https://www.fnr.de/fileadmin/Grafiken/Abb_059.jpg. Abgerufen 5.04.2024
- Frahm, Eckart (1995): Heimat. Paradies oder Gefängnis. Die Frage der kulturellen Identität. In: Tagungsband Toblachen Gespräche 7. bis 9. September 1995. „Heimat. Ökologischer Wohlstand in der Region, Eigenverlag Toblach, S. 27-30.
- Füg, Franz (2015): Reflexive Regionalpolitik als soziale Innovation. Vom Blick in die Sackgasse zur kollektiven Neuerfindung, In: Informationen zur Raumentwicklung Heft 3.2015, S. 245-259. Siehe unter: http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/IzR/2015/3/Inhalt/dl-fueg.pdf?__blob=publicationFile&v=1. Abgerufen am 15.10.2023.
- Get2energy (2022): Land fördert ökologische Energieversorgung für Bildungscampus Louisenlund. Pressemitteilung siehe unter: <https://www.getproject.de/presse/getproject/artikel/land-foerdert-oekologische-energieversorgung-fuer-bildungscampus-louisenlund?backlink=%2Fpresse>.
Abgerufen 6.11.2023.
- Graf, Alexander (2023): Podcast Kassenzone – Biogasanlage & regionale Wärmenetze mit Martin Lass #ENERGIEZONE. Siehe unter: <https://www.kassenzone.de/biogasanlage-regionale-waermenetze-mit-martin-lass-energiezone/>. Abgerufen am 30.01.2024.
- Hahne, Ulf; Kegler, Harald (Hrsg.) 2016: Resilienz. Stadt und Region – Reallabore der resilienzorientierten Transformation. Buchreihe „Stadtentwicklung“, Bd. 1. 175 Seiten. Frankfurt a.M.: Peter Lang Verlag.
- Henning, Christian; Taube, Friedrich (2019): 2. Nährstoffbericht des Landes Schleswig-Holstein. Siehe unter: https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/G/grundwasser/Downloads/naehrstoffbericht_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=1. Abgerufen am 5.12.2023.t

- Jochem, Dominik; Morland, Christian; Glasenapp, Sebastian; Weimar, Holger (2023): . Dessau-Rosslau: Umweltbundesamt Texte Band 15/2023.
- Kegler, Harald (2014): Resilienz. Strategien und Perspektiven für die widerstandsfähige und lernende Stadt (Bauwelt Fundamente, 151), Basel: Birkhäuser.
- Kegler, Harald (2016): Eine Schwelle im Anthropozän: Vom Wachstum zur Resilienz, Anregungen für ein räumliches Lernprogramm zur resilienten Stadtgesellschaft aus historisch-strategischer Perspektive, in: Hahne, Ulf; Kegler, Harald (Hrsg.): Resilienz. Stadt und Region – Reallabore der resilienzorientierten Transformation. Bern: Peter Lang, S. 19-60.
- Knuth, Joschka (2023): Zukunft Biogas: Energiewende-Staatssekretär Joschka Knuth beim 7. Norddeutschen Biogas-Branchentreff in Rendsburg. Pressemitteilung. Siehe unter: https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/ministerien-behoerden/V/Presse/PI/2023/0923/230921_Biogas.html. Abgerufen am 30.11.2023.
- Kreis Herzogtum Lauenburg und Kreis Stormarn (2022): AWK - Abfallwirtschaftskonzept der Kreise Herzogtum Lauenburg und Stormarn. 5. Fortschreibung (2022-2026). Siehe unter: <https://www.awsh.de/fileadmin/media/PDFs/AWK/AWKbeideKreise2022-FINAL.pdf>. Abgerufen am 15.10.2023.
- Lucas, Rainer (2018): Inwertsetzung räumlicher Strukturen. Produktion und Reproduktion als Grundlagen einer transformativen Stadt- und Regionalentwicklung. In: Lucas/Pfriem/Thomasberger (Hrsg.) 2018: Auf der Suche nach dem Ökonomischen – Karl Marx zum 200. Geburtstag. Marburg: Metropolis.
- Lucas, Rainer (1995): Die Kreisläufe schließen: ökologisch Wirtschaften in der Region. In: Tagungsband Toblacher Gespräche 7. Bis 9. Sept.1995. „Heimat. Ökologischer Wohlstand in der Region, Eigenverlag Toblach, S. 31-35.
- Lucas, Rainer; Ahlers, Hubert; Bommers, Wilfried; Kegler, Harald; Winterfeld von, Uta (2018): Für eine neue, regionale Landwirtschafts- und Ernährungskultur. Auf der Suche nach lebendigen und gleichberechtigten Versorgungsbeziehungen zwischen Stadt und Land. Bergischer Impuls 03. Wuppertal. Verfügbar unter: https://institut-fuer-welternaehrung.org/wp-content/uploads/2018/05/Bergischer_Impuls_03.pdf. Abgerufen am 15.10.2023.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BaWü (2022): Biomasse - fest , flüssig und gasförmig. Siehe unter: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/erneuerbare-energien/bioenergie/biomasse#:~:text=Biomasse%20ist%20die%20gesamte%20durchund%20weitere%20organischen%20Bausteinen%20umgesetzt>. Abgerufen am 15.02.2024.
- Norddeutscher Rundfunk - Schleswig-Holstein Magazin (2023): Heizen mit Abwärme: Meldorfs Erdbeckenspeicher ist fast fertig. Siehe unter: <https://www.ndr.de/nachrichten/schleswig-holstein/Bau-des-Erdbeckenspeichers-in-Meldorf-kommt-voran-,waermebeckenspeicher100.html>. Abgerufen am 30.01.2024.
- OFC Consulting; Wortmann Energie; Gertec; Motum Design (2021): „Uns Dörf ward warm!“. Kreisbericht der Kreisverwaltung Plön. Siehe unter: https://www.kreis-ploen.de/media/custom/2158_4834_1.PDF?1665992426. Abgerufen am 22.02.2024.

- Rensberg, Nadja; Denysenko, Velina; Daniel-Gromke, Jaqueline (2023): Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland : Report zum Anlagenbestand Biogas und Biomethan. DBFZ-Report Nr. 50.
- Ried, Jens; Braun, Matthias; Dabrock, Peter (2017): Energiewende: Alles eine Frage der Partizipation? Governance-Herausforderungen zwischen Zentralität und Dezentralität. In: Zeitschrift Energiewirtschaft (2017) 41, S. 203 - 2012.
- Röder, Johannes; Mitzinger, Tino; Thier, Pablo; Wassermann, Timo; Dunkelberg, Elisa (2020): Analyse und Bewertung der Resilienz urbaner Wärmeversorgungskonzepte – Methodenentwicklung und Anwendung. artec-paper Nr. 225. Universität Bremen.
- Schön, Susanne; Dierich, Axel (2022): Innovationskonzept Faire und resiliente Regionalbeziehungen in der Region Lübeck. Meilenstein für die Gestaltung der Umsetzungsphase. VorAB Text 2, August 2022. Siehe unter https://vorab.online/wp-content/uploads/2023/03/VorAB_InnoKonzept.pdf. Abgerufen am 3.11.2023.
- Thünen-Institute (2023): Flächennutzung und Flächennutzungsansprüche in Deutschland. Thünen Working Paper 224. Siehe unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn067046.pdf. Abgerufen am 30.11.2023.
- Treurat & Partner(2022): Biomassepotenziale auf Gemeindeebene SH. Sie unter: <https://izes.eu/projektportfolio/nachhaltige-biomasse-die-biomassestrategie-kielregion/>. Abgerufen 5.09.2023.
- Uffenkamp, Jens; Koopmann, Jens-Peter, Umweltamt der Stadt Kiel (2022): Präsentation: Energieverbund und Energiewende mit Biomasse in der KielRegion. Siehe unter: https://veranstaltungen.fnr.de/fileadmin/Projekte/2022/Veranstaltungsreihe_Gr%C3%BCne_W%C3%A4rme_f%C3%BCr_St%C3%A4dte_und_D%C3%B6rfer/Energieverbund_und_Energiewende_mit_Biomasse_in_der_Kiel_Region.pdf . Abgerufen am 19.3.2024 .
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2019):. Aktuelle Entwicklung und Perspektiven der Biogasproduktion aus Bioabfall und Gülle. Reihe Texte 41/2019. Siehe unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-04-15_texte_41-2019_biogasproduktion.pdf., Abgerufen am 30.11.2023,
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2020): Optionen für Biogas-Bestandsanlagen bis 2030 aus ökonomischer und energiewirtschaftlicher Sicht: Abschlussbericht. Texte 24/2020 Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Vereinigte Stadtwerke, Homepage (2023): VS Fernwärmenetze – klimaschonend heizen (Stand 2022). Siehe unter: <https://www.vereinigte-stadtwerke.de/waerme/fernwaermenetze/> und Karte der Energieerzeugungsanlagen. Abgerufen am 15.02.2024.
- Vidal, Francesca; Theophil, Manuel (Hrsg.) (2023): Naturallianz in der Klimakrise – Zur Aktualität der Naturphilosophie Ernst Blochs. Jahrbuch der Ernst-Bloch-Gesellschaft 2022/23. Verlag Königshausen & Neumann.
- Weiß, Julia; Dunkelberg, Elisa; Bergmann, Janis (2023): Resiliente und klimaneutrale Wärmeversorgung. In Ökologisches Wirtschaften 2/23 (38), S.28/29.

Wern, Bernhard, Thorwarth, Harald, Scholl, Frank, Matschoss, Patrick, Vogler, Cornelia, Baur, Frank.
(2021): Die Rolle von Holz in der Energiewende. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 71. Jg.
2021, Heft 11, S. 42-46.

Winterfeld, Uta; Blaise, Eva; Block, Simon; Wagner Oliver (2023): Wärme und Wert. Avantgardistische
Ansätze zur kommunalen Wärmeplanung und zur regionalen Wertschöpfung im Holzbereich.
Arbeitspapier 2 im Projektverbund VorAB, Wuppertal, unveröffentlichtes Manuskript.