

Leitfaden Kommunale Wärmeplanung: Arbeitshilfe 3

Nachhaltige Wärmepotenziale und Technologien

Für die Vorbereitung zielgerichteter Detailplanungen ist es sinnvoll, die Relevanz einzelner nachhaltiger Wärmepotenziale einzuschätzen. Diese Arbeitshilfe stellt mögliche Wärmepotenziale und Technologien für eine nachhaltige Wärmeversorgung vor und nennt neben technischen auch andere Kriterien und Aspekte, die bei ihrer Bewertung relevant sein können.

Wichtige Voraussetzung für die Nutzung erneuerbarer Wärmequellen ist die Akzeptanz für deren Nutzung. Darüber hinaus sind die strategische Bedeutung der Wärmequellen für die nachhaltige Wärmeversorgung sowie technologische und ökologische Kriterien bei deren Nutzung zentrale Aspekte für deren Bewertung. In diesem Zusammenhang sind auch Wechselwirkungen einzelner Wärmepotenziale mit Effizienzpotenzialen von Gebäuden und unterschiedlichen Versorgungskonzepten zu berücksichtigen (s. Arbeitshilfen 2 und 4).

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wird deutlicher, welche Wärmequellen in weiterführenden Detail- und Umsetzungsplanungen eine zentralere Rolle einnehmen, bzw. welche wahrscheinlich eher eine untergeordnete Rolle für die zukünftige Wärmeversorgung haben werden. Um eine

Zwecks unvoreingenommener, strategischer Bewertung aller Potenziale im Sinne des kommunalen Leitbildes, wird an dieser Stelle bewusst keine ökonomische Bewertung der betrachteten Wärmequellen vorgenommen. Weiterführende Detail- und Umsetzungsplanungen zur Nutzung dieser Potenziale auf Quartiersebene, werden i.d.R. durch Dritte durchgeführt und decken dann auch ökonomische Fragestellungen ab.

Überblick und allgemeine Bewertung

Im Sinne einer nachhaltigen Deckung des Wärmebedarfs sollten Systeme zur Nutzung klimaneutraler Wärmepotenziale folgende Eigenschaften haben: Sie ermöglichen große Teile des Wärme-

bedarfs im Jahresverlauf abzudecken (Deckungsbeitrag), der zusätzliche Flächenbedarf ist gering (im Quartier und bestenfalls auch andernorts) und sie ermöglichen eine signifikante CO₂-Einsparung im Vergleich zu fossilen Vergleichssystemen.

Vor diesem Hintergrund sind nachfolgende Wärmepotenziale relevant:

- › Umweltwärmepotenziale aus der Luft, dem Erdreich und Gewässern
- › solarthermische Potenziale
- › hochtemperierte Abwärmepotenziale (zum Beispiel aus der Industrie)
- › niedertemperierte Abwärmepotenziale (zum Beispiel aus Gewerbe, industriellen Abwässern oder der Kanalisation)
- › Biomassepotenziale

Die Potenziale werden mit unterschiedlichen Technologien nutzbar gemacht (siehe Seiten 3 bis 5). Potenziale aus tiefer Geothermie werden hier bewusst ausgeklammert. Diese Potenziale wurden in Norddeutschland bislang allenfalls in Pilotvorhaben erschlossen und stehen somit absehbar noch nicht zur Verfügung. Auch die direkte Nutzung erneuerbaren Stroms für Wärmezwecke (Stromheizung) wird nicht betrachtet. Grund ist, dass die geringe Energieeffizienz zu einem hohen Flächenverbrauch außerhalb des Quartiers führen würde und Stromheizungen somit auch bei vollständiger EE-Stromnutzung eine Sonderlösung sind, z.B. in hocheffizienten Gebäuden.

Die Tabelle 1 (Seite 5) gibt einen Überblick über die Eigenschaften der relevanten Wärmepotenziale. Daraus lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Typische Deckungsbeiträge sind nur bei der Nutzung von Umweltwärme hoch. Die Nutzung hoch- und niedertemperierter Abwärmepotenziale oder von Biomasse führt üblicherweise zu moderaten typischen Deckungsbeiträgen. Liegt ein lokales Überangebot an Abwärme vor, können damit auch hohe Deckungsbeiträge erreicht werden. Gleiches gilt für ein lokales Überangebot an Biomassepotenzialen. Solarthermische Potenziale erreichen bei Nutzung saisonaler Speicher moderate bis hohe Deckungsbeiträge. Grundsätzlich ist eine vollständige Deckung des Wärmebedarfs mit den meisten Technologien theoretisch möglich. Andererseits ist dies in der Praxis aus verschiedenen Gründen nicht, bzw. kaum realisierbar. Daher müssen verbleibende Wärmemengen, die nicht durch nachhaltige Potenziale gedeckt werden, aus anderen Wärmequellen gedeckt werden. Diese sollten wiederum klimaneutral sein.

Flächenbedarfe/-verbräuche sind bei der Nutzung von hoch- und niedertemperierten Abwärmepotenzialen, Umweltwärmepotenzialen aus der Luft oder aus Gewässern, solarthermischen Auf-Dach-Anlagen sowie Biomassepotenzialen minimal. Die Nutzung solarthermischer Potenziale auf Freiflächen bedingt moderate Flächenbedarfe, bei der Nutzung von Umweltwärme aus dem Erdreich sind diese moderat (Erdsonden) bis hoch (flächige Kollektoren).

Anmerkung: Bei Biomassepotenzialen ist zwischen dem Flächenbedarf inner- und außerhalb des Quartiers zu unterscheiden. Innerhalb des Quartiers ist der Flächenbedarf gering. Außerhalb des Quartiers ist der Flächenbedarf aufgrund geringer Erträge je Quadratmeter jedoch sehr hoch (siehe unten).

CO₂-Einsparungen sind bei der Nutzung solarthermischer Potenziale maximal. Bei Nutzung unvermeidbarer Abwärmepotenziale können ebenfalls hohe CO₂-Einsparungen erzielt werden. Sofern Abwärmepotenziale jedoch vermeidbar sind (z.B. als Folge ineffizienter Prozesse) oder betriebsintern genutzt werden können, sollten diese Potenziale gesondert bewertet werden. Auch

die Nutzung niedertemperierter Abwärmepotenziale erreicht sowohl bei direkter Nutzung dieser Potenziale, als auch in Kombination mit Wärmepumpen sehr hohe CO₂-Einsparungen. Für die Umweltwärmenutzung mittels Wärmepumpe sind diese Einsparungen heute moderat.

Allerdings steigen die Einsparungen mit zukünftig höherem Anteil des Strombezugs aus erneuerbaren Energien an. Die CO₂-Einsparungen bei Nutzung von Biomassepotenzialen sind ebenfalls hoch, wobei hier eine differenziertere Betrachtung im Hinblick auf andere Emissionen und lokale Emissionen ratsam erscheint (siehe Abschnitt „Biomassepotenziale“).

Detailplanungen zur Nutzung nachhaltiger Wärmepotenziale

Unter Berücksichtigung der oben genannten Bewertungskriterien und lokaler Gegebenheiten können einzelne Wärmepotenziale für das betrachtete Quartier bereits als vielversprechend bzw. irrelevant für eine weitere Detailplanung (energetische Quartierskonzepte) identifiziert werden. In diesen Detailplanungen sind die nachhaltigen Wärmepotenziale näher zu beziffern. Aus dem Überblick über alle Quartiere ergibt sich so ein Gesamtbild für das gesamte Gemeindegebiet. Die Technologien, relevante technische Parameter, das Vorgehen zur Bestimmung unterschiedlicher Potenziale und übliche Anwendungen werden im Folgenden kurz umrissen.

Umweltwärmepotenziale

Umweltwärmepotenziale sind zum Beispiel in der Luft, dem Erdreich oder Gewässern vorhanden. Diese Potenziale werden analog zu niedertemperierten Abwärmepotenzialen zumeist mit einer elektrischen Wärmepumpe erschlossen. Die Erdwärmeerschließung kann über Flachkollektoren oder weniger flächenintensive Erdsonden oder Erdsondenfelder erfolgen. Umweltwärmepotenziale werden indirekt limitiert, etwa durch Geräuschentwicklung von Luft-Wärmepumpen, die notwendige Regeneration der Umweltwärmequelle bei Wasser- und Erdwärmepumpen,

Überbauungsverbote von Erdkollektoren oder wasserrechtliche Restriktionen.

Unter Berücksichtigung der lokalen Bodenbeschaffenheit können die Flächenbedarfe zur Erdwärmeerschließung abgeschätzt werden: Je kW Heizleistung sind bei Flachkollektoren 15 bis 30 m² Kollektorfläche, bei Erdsonden 12 bis 50 Meter Erdsonde erforderlich. Zudem sind bei Wasser- und Erdwärmepumpen chemische Eigenschaften des Erdreiches und der lokale Grundwasserstand von Interesse (siehe Literaturhinweis 3: Kapitel 3.5.3 bzw. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie).

Bei der Umweltwärmenutzung werden zumeist große Teile des Jahreswärmebedarfs gedeckt, bei vereinzelter Anwendung zentraler Großwärmepumpen auch nur die Wärmegrundlast. Auch hier sind die Möglichkeiten zur Anpassung vorhandener Heizsysteme von entscheidender Bedeutung für eine Nutzung von Wärmepumpen. Bei üblichen Anwendungen können aus 1 kWh Strom ca. 3 kWh Wärme (Luftwärmepumpe) beziehungsweise 4 kWh Wärme (Erd- und Gewässerwärmepumpen) bereitgestellt werden. Die Nutzung von Umweltwärme führt bereits heute zu CO₂-Einsparungen gegenüber fossilen Wärmeversorgungssystemen. Mit Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung wird dieser CO₂-Vorteil perspektivisch größer.



Wärmepumpe zur dezentralen Versorgung
© Energieberatung Thomas

Solarthermische Potenziale

Solarthermische Potenziale werden durch solarthermische Kollektoren unterschiedlicher Bauart (Vakuumröhren-, Flachkollektor etc.) erschlossen. Diese Potenziale werden auf vorhandenen Dach-

flächen mit Süd-Ausrichtung (± 90 Grad Ost-West) ohne zusätzlichen Flächenbedarf oder auf Freiflächen mit zusätzlichem Flächenbedarf erschlossen (Letztere in Kombination mit einem Wärmenetz und gegebenenfalls mit saisonalem Wärmespeicher). In beiden Fällen ist die Nutzungskonkurrenz zu Photovoltaik zu beachten.

Unter Berücksichtigung von Ausrichtung, Kollektortyp und Nutzung der solarthermischen Potenziale (reine Trinkwarmwasserbereitung, Heizungsunterstützung etc.) können solarthermische Systeme vergleichsweise einfach überschlägig dimensioniert werden: Der Ertrag solarthermischer Kollektoren liegt bei ca. 450 bis 600 kWh Wärme je m² Kollektorfläche.

Hochtemperierte Abwärmepotenziale für die Wärmewende im Quartier

Die Nutzung hochtemperierter Abwärmepotenziale ist vergleichsweise einfach - auch im Gebäudebestand. Daher haben diese Potenziale einen hohen Wert für die Wärmeplanung. Zudem sind solche Potenziale zumeist nur punktuell und begrenzt vorhanden, also in der Regel nicht ausreichend vorhanden, um den Wärmebedarf des gesamten Gemeindegebietes zu decken.

Daher sollte hochtemperierte Abwärme in Quartieren eingesetzt werden, die auch langfristig hohe Temperaturen für die Wärmeversorgung benötigen. Dies sind zumeist ältere Quartiere mit geringen oder schwer zu hebenden Effizienzpotenzialen. Die Nutzung der Abwärme erfolgt zumeist via Nah- und Fernwärmenetze. Bei der Nutzung dieser Potenziale ist einerseits die langfristige Versorgungssicherheit zu klären, beispielsweise durch Planung von (möglichst erneuerbaren) Erzeugungsalternativen, andererseits sind die Wärmeverluste des Wärmenetzes zu berücksichtigen.

Die Nutzbarkeit ist jedoch durch die saisonale Verschiebung von Wärmedargebot und -bedarf prinzipiell begrenzt. Die saisonale Speicherung von solarthermischer Wärme kann hier prinzipiell Abhilfe schaffen, ist in Deutschland aber nicht verbreitet.

Hochtemperierte Abwärmepotenziale

Hochtemperierte Abwärmepotenziale kommen im Allgemeinen aus Industrieprozessen. Sie werden über einen Wärmeübertrager direkt in ein Fern-/Nahwärmenetz (siehe Arbeitshilfe 4) eingebunden und an die Wärmeabnehmer verteilt. Bei solchen zentralen Systemen sind für den Fall des kurzfristigen Ausfalls der Wärmequelle stets Reserveleistungen vorzuhalten. Vorab sollte zur Prüfung der Zuverlässigkeit der Abwärmequelle jedoch geklärt werden, ob die Abwärme ggf. innerbetrieblich effizienter genutzt oder gar ganz vermieden werden kann. Langfristig ist zudem sicherzustellen, dass abnehmende (oder gar wegfallende) Abwärmemengen durch andere möglichst nachhaltige Potenziale ersetzt werden können. So wird die langfristige Abhängigkeit vom Abwärmelieferanten begrenzt und „Lock-in-Effekte“ vermieden.

Voraussetzung für die Nutzung hochtemperierter Abwärmepotenziale ist das generelle Interesse des Industriebetriebs an einer Abwärmeauskopplung. Praktische und betriebsinterne Erwägungen wie die Auswirkungen der Abwärmeauskopplung auf die Prozessstabilität und Produktionssicherheit sind von zentraler Bedeutung. Daher gibt auch der Betrieb letztlich die Parameter der Abwärmennutzung vor. Die direkte Rücksprache mit den Betrieben ist daher unabdingbar. Nur so können verfügbare Wärmemengen, Wärmeleistungen sowie die Form der Abwärme (aus Kühlkreisläufen, Abgasen, etc.), deren zeitliche Verfügbarkeit und die Temperaturniveaus realistisch abgeschätzt werden. Zudem sind Wärmeverluste bei der Erschließung dieser Potenziale abzuschätzen. Tabellenwerke können hier allenfalls zur Plausibilisierung der Werte dienen.

Allgemein sollten hochtemperierte Abwärmepotenziale möglichst vollständig erschlossen werden. Daher bietet sich zunächst eine Nutzung für die Wärmegrundlast (sommerliche Wärmelast/Deckung des Trinkwarmwasserbedarfs) an (siehe Literaturhinweis 1: Kapitel 4.3 und 4.2).

Niedertemperierte Abwärmepotenziale

Niedertemperierte Abwärmepotenziale sind zum Beispiel im Gewerbe, in der Industrie oder in Kanalisationsabwässern vorhanden. Diese Potenziale werden elektrischen Wärmepumpen zugeführt und mithilfe von Strom auf ein höheres, nutzbares Temperaturniveau gehoben. Die Versorgung eines oder mehrerer Wärmeabnehmer durch Wärmepumpen (Letzteres via Nah-/Fernwärmenetz) ist Stand der Technik (siehe Arbeitshilfe 4).

Wenn niedertemperierter Abwärme aus gewerblichen und industriellen Quellen genutzt werden soll, ist auch hier die direkte Befragung relevanter Betriebe unumgänglich. Der Fokus der Befragungen liegt auf den gleichen Parametern wie bei hochtemperierter Abwärme. Das Abwärmepotenzial von Kanalisationsabwässern kann überschlägig ermittelt werden, zum Beispiel in enger Kooperation mit Abwasserzweckverbänden (siehe Literaturhinweis 2: Kapitel 1).

Auch niedertemperierte Abwärmepotenziale sind möglichst vollständig zu erschließen. Die Nutzbarkeit hängt insbesondere im Gebäudebestand stark von den Möglichkeiten zur Anpassung vorhandener Heizsysteme an die Wärmeversorgung durch Wärmepumpen ab. Hohe Abwärmepotenziale und niedrigere Temperaturen der Wärmenutzung führen zu einer effizienteren Potenzialerschließung (das gilt auch für alle anderen Wärmepotenziale, insbesondere aber für Umweltwärmepotenziale). So können bei üblichen Anwendungen, wie zum Beispiel industriellen Abwässern mit Temperaturen unter 25 °C und geringen Nutzttemperaturen um 35 °C, aus 1 kWh Strom 4 bis 6 kWh Wärme bereitgestellt werden.

Biomassepotenziale

Biomassepotenziale, zum Beispiel aus der Forst- und Landwirtschaft oder industriellen Prozessen, werden durch Feuerungs- oder KWK-Anlagen erschlossen und zumeist zentral via Wärmenetz bereitgestellt. Diese können in fester, flüssiger und gasförmiger Form vorliegen. In allen Fällen sind Flächenbedarfe im Quartier minimal. Allerdings ist zu bedenken, dass der Ertrag aus Biomasse außerhalb des Quartiers sehr groß ist. So sind je Quadratmeter forst- oder landwirtschaftlicher Fläche bestenfalls 6 kWh pro Jahr zu gewinnen. Dies ist um den Faktor 100 geringer als bei anderen nachhaltigen Potenzialen, (siehe Literaturhinweis 3: Kapitel 3.5.2).

Eine Besonderheit von biogenen Brennstoffen ist, dass diese Wärme bei deutlich höheren Temperaturen bereitstellen kann, als bei anderen erneuerbaren Wärmequellen. Daher sind biogene

Brennstoffe für die Deckung von Prozesswärmebedarfen der Industrie besonders interessant. Da sind biogene Brennstoffe zudem nur begrenzt verfügbar sind, folgt daraus: Die zunehmende Nachfrage aus der Industrie wird absehbar zu steigenden Preisen führen. Daher kann und sollte der Einsatz biogener Brennstoffe bei der Wärmebereitstellung in Gebäuden nur die Ausnahme sein. Nur wenn vor Ort ein hohes Aufkommen langfristig verfügbarer Biomasse besteht und diese nicht anderweitig nutzbar ist, mag der Einsatz biogener Brennstoffe sinnvoll sein.

Unabhängig von Berechnungen zu CO₂-Emissionen werden bei der Verbrennung biogener Brennstoffe lokal CO₂, Feinstaub und andere Luftschadstoffe sowie Lärm (zum Beispiel durch Brennstofflogistik) im Quartier emittiert.

Tabelle 1: Eigenschaften nachhaltiger Wärmepotenziale:

Grün hinterlegte Felder sprechen für eine Fokussierung auf das jeweilige Potenzial, orange hinterlegte Felder markieren eher kritische Aspekte der Nutzung

	Umweltwärme		Solarthermie		Abwärme		Biomasse
	Luft	Wasser/ Erdreich	Auf- Dach- Systeme	Freiflächen- anlage	hochtemperiert	niedertemperiert	
Technologie	Wärmepumpe		solarthermische Systeme		Wärme- übertrager	Wärmepumpe elektrisch	KWK und Feuerungsanlagen
Typische Quelle	Luft	Wasser/ Erdreich	Auf- Dach- Systeme	Freiflächen- anlage	industrielle Prozesse	industrielle Prozesse/ Abwässer; Gewerbe; Kanalisation	Land- und Forstwirtschaft; Industrielle Reststoffe
Typischer Deckungsbeitrag	90...100 %		<25 %	<25...50 % Bei saisonaler Speicherung: bis 100%	40...60 %, bei Über- angebot: 100 % sinnvoll möglich	<40 %	40...60%; bei Überangebot: 100 % mgl.
Zusätzlicher Flächenbedarf	minimal	gering/ moderat bis hoch	minimal	moderat	minimal		gering
CO₂-Einsparung	moderat bis hoch*	moderat bis hoch*	hoch		sehr hoch (bis moderat) abh. von Vermeidbarkeit der Abwärme	sehr hoch* abh. von Temperatur der Abwärme	hoch**

* Abhängig von der Effizienz, dem Bezug der Antriebsenergie und der Entwicklung der Stromerzeugung.

** Siehe Abschnitt „CO₂-Einsparungen“.

Weiterführende Literatur

- 1. „Abwärme aus Niedersachsen. Konzeptstudie zur wiederkehrenden Quantifizierung bestehender Abwärmepotenziale in Niedersachsen“**, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (Hrsg.); 2017, [Link](#) (zuletzt abgerufen am 23.03.2022)
- 2. „Wärmenutzung aus Abwasser – Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen“**, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.); 2017, [Link](#) (zuletzt abgerufen am 23.03.2022)
- 3. „Leitfaden Energienutzungsplan“**, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (Hrsg.); 2011, [Link](#) (zuletzt abgerufen am 23.03.2022)

Stand: März 2022

