

Leitfaden Kommunale Wärmeplanung: Arbeitshilfe 3

Nachhaltige Wärmepotenziale und Technologien

Die Wärmebedarfe eines Quartiers sollten möglichst nachhaltig und damit auch klimaneutral gedeckt werden. Für die Vorbereitung zielgerichteter Detailplanungen ist es sinnvoll, die Relevanz einzelner nachhaltiger Wärmepotenziale für das Quartier einzuschätzen. Dabei spielen verschiedene Aspekte eine Rolle. Diese Arbeitshilfe stellt mögliche Wärmepotenziale und Technologien vor und nennt Aspekte, die bei ihrer Bewertung relevant sein können.

Bei der Einschätzung der Relevanz der nachhaltigen Wärmepotenziale für die Quartiere spielen verschiedene Aspekte eine Rolle: unter anderem die Akzeptanz einzelner Technologien und deren strategische Bedeutung für die nachhaltige Wärmeversorgung insgesamt (siehe Kasten „Hochtemperierte Abwärmepotenziale“), technologische und ökologische Kriterien sowie Wechselwirkungen mit Effizienzpotenzialen und Versorgungskonzepten (siehe Arbeitshilfen 2 und 4). So können einzelne Technologien in den Fokus rücken und andere bei weiterführenden Detail- und Umsetzungsplanungen in den Hintergrund treten. Detailplanungen erfolgen in der Regel durch Dritte. Ökonomische Bewertungen nachhaltiger Wärmequellen bleiben zunächst bewusst außen vor und sind erst im Rahmen von Detailplanungen auf Quartiersebene seriös abzuschätzen. So wird Raum für eine unvoreingenommene und strategische Bewertung aller Potenziale im Sinne des kommunalen Leitbildes gelassen.

Überblick und allgemeine Bewertung

Im Sinne einer nachhaltigen Deckung verbleibender Wärmebedarfe sollten Systeme zur Nutzung klimaneutraler Wärmepotenziale folgende Eigenschaften haben. Es sollten möglichst große Teile des Wärmebedarfs im Jahresverlauf durch diese Systeme gedeckt werden (typischer Deckungsbeitrag), und das bei möglichst geringem zusätzlichen Flächenbedarf und möglichst hoher CO₂-Einsparung gegenüber fossilen Vergleichssystemen. Vor diesem Hintergrund sind nachfolgende Wärmepotenziale relevant:

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

Die Potenziale werden mit unterschiedlichen Technologien nutzbar gemacht. Diese werden auf den Seiten 3 bis 5 näher beleuchtet. Potenziale aus tiefer Geothermie sowie die direkte Nutzung erneuerbaren Stroms für Wärmezwecke werden an dieser Stelle bewusst ausgeklammert. Die tiefe Geothermie steht vielerorts nicht zur Verfügung. Die Direktstromheizung ist aus Gesichtspunkten der Energieeffizienz und des Flächenverbrauchs zu vermeiden, sie ist allenfalls eine Notlösung.

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

Typische Deckungsbeiträge sind nur bei der Nutzung von Umweltwärme hoch. Die Nutzung hoch- und niedertemperierter Abwärmepotenziale oder von Biomasse führt zu moderaten typischen Deckungsbeiträgen. Solarthermische Potenziale erreichen zumeist nur geringe, bei Nutzung saisonaler Speicher moderate Deckungsbeiträge. Eine vollständige Deckung ist mit den meisten Technologien zwar theoretisch möglich, der Flächenbedarf oder die Kosten würden dann aber unverhältnismäßig hoch werden. Wärmemengen, die nicht durch nachhaltige Potenziale

gedeckt werden, müssen aus anderen Quellen gedeckt werden. Diese können sowohl fossil als auch nachhaltig 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 den Flächenbedarfen inner- und außerhalb des Quartiers zu unterscheiden. Innerhalb des Quartiers sind Flächenbedarfe gering. Außerhalb des Quartiers sind Flächenbedarfe aufgrund geringer Erträge je Quadratmeter jedoch sehr hoch (siehe unten).

CO₂-Einsparungen sind bei der Nutzung solarthermischer Potenziale maximal. Bei Nutzung unvermeidbarer Abwärmepotenziale können hohe CO₂-Einsparungen erzielt werden, andernfalls sind diese gesondert zu bewerten. Niedertemporierte Abwärmepotenziale erreichen bei typischen Temperaturen ebenfalls sehr hohe CO₂-Einsparungen.

Für die Umweltwärmenutzung mittels Wärmepumpe sind diese Einsparungen heute moderat und steigen 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“).

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

| | Abwärme | | Solarthermie | | Biomasse | Umweltwärme | |
|-----------------------------------|---|--|-------------------------|--|--|-------------------|--------------------------|
| | hochtemperiert | niedertemperiert | | | | | |
| Technologie | Wärmeübertrager | Wärmepumpe elektrisch | solarthermische Systeme | | KWK und Feuerungsanlagen | Wärmepumpe | |
| Typische Quelle | industrielle Prozesse | industrielle Prozesse/ Abwässer; Gewerbe; Kanalisation | Auf-Dach-Systeme | Freiflächenanlage | Land- und Forstwirtschaft; Industrielle Reststoffe | Luft | Wasser/ Erdreich |
| Typischer Deckungsbeitrag | 40...60 %, bei Überangebot: 100 % sinnvoll möglich | <40 % | <25 % | <25...50 % abh. von saisonaler Speicherung | 40...70 % | >90 % | |
| Zusätzlicher Flächenbedarf | minimal | | minimal | moderat | gering | minimal | gering/ moderat bis hoch |
| CO₂-Einsparung | sehr hoch (bis moderat) abh. von Vermeidbarkeit der Abwärme | sehr hoch* abh. von Temperatur der Abwärme | hoch | | hoch** | moderat bis hoch* | moderat bis hoch* |

* Abhängig vom Bezug der Antriebsenergie und der Entwicklung der Stromerzeugung.

** Siehe Abschnitt „CO₂-Einsparungen“.

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. Die Technologien, relevante technische Parameter, das Vorgehen zur Bestimmung unterschiedlicher Potenziale und übliche Anwendungen werden im Folgenden kurz umrissen.

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. Langfristig sollte sichergestellt werden, 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“ werden vermieden.

Voraussetzung für die Nutzung hochtemperierter Abwärmepotenziale ist das generelle Interesse des Industriebetriebs an einer Abwärmeauskopplung. Hier sind betriebsinterne und zumeist sehr konservative Erwägungen zur Auswirkung der Abwärmeauskopplung auf die Prozessstabilität und Produktionssicherheit von zentraler Bedeutung. Daher gibt auch der Betrieb letztlich die Parameter der Abwärmennutzung vor. Der direkte Kontakt mit den Betrieben ist unbedingt notwendig. Tabellenwerke können allenfalls zur Plausibilisierung der Werte dienen. Der Fokus der Befragungen liegt auf der verfügbaren Wärmemenge und -leistung sowie auf der Form der Abwärme (aus Kühlkreisläufen, Abgasen etc.), zeitlichen Verfügbarkeit und den Temperaturniveaus. Zudem sind Wärmeverluste bei der Erschließung dieser Potenziale abzuschätzen.

Allgemein sollten hochtemperierte Abwärmepotenziale möglichst vollständig, das heißt in erster Linie für die Wärmegrundlast (sommerliche Wärmelast/Deckung des Trinkwarmwasserbedarfs), erschlossen werden (siehe Literaturhinweis 1: Kapitel 4.3 und 4.2).

Hochtemperierte Abwärmepotenziale für die Wärmewende im Quartier

Die Integration hochtemperierter Abwärmepotenziale ist auch im Gebäudebestand vergleichsweise einfach. Solche Potenziale sind zumeist nur punktuell vorhanden, begrenzt und nicht ausreichend für eine Wärmebedarfsdeckung des gesamten Gemeindegebietes. Daher sollten die Potenziale insbesondere in Quartieren eingesetzt werden, die auch langfristig hohe Temperaturen für die Wärmeversorgung benötigen. Dies sind in erster Linie Quartiere mit geringen Effizienzpotenzialen. In diesem Zuge ist neben Bereitstellungsverlusten, zum Beispiel durch Wärmelieferung via Nah- und Fernwärmenetz, auch die langfristige Versorgungssicherheit zu klären, beispielsweise durch Planung von (möglichst erneuerbaren) Erzeugungsalternativen.

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 angehoben. Die Versorgung eines oder mehrerer Wärmeabnehmer durch Wärmepumpen (Letzteres via Nah-/Fernwärmenetz) ist Stand der Technik (siehe Arbeitshilfe 4).

Im Falle einer möglichen Nutzung niedertemperierter Abwärme aus gewerblichen und industriellen Quellen ist auch hier die direkte Befragung relevanter Betriebe unumgänglich. Der Fokus der Befragungen liegt auf den gleichen Parametern wie bei hochtemperierten Potenzialen. 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 und sollten daher nach Möglichkeit die Wärmegrundlast der Wärmeabnehmer abdecken. Ihre Nutzbarkeit hängt insbesondere im Bestand 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 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. Die Nutzung von niedertemperierten Abwärmequellen führt bereits heute zu CO₂-Einsparungen gegenüber fossilen Wärmeversorgungssystemen, diese werden mit steigendem Anteil oder lokalem Bezug von „Grünstrom“ weiter steigen.

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 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).

Bei 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. Analog zur Nutzung niedertemperierter Abwärme ist auch für Umweltwärmepotenziale der Ausbau der erneuerbaren Energien oder der lokale Bezug von „Grünstrom“ von großer Bedeutung für die CO₂-Einsparungen.



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 Dachflächen mit Süd-Ausrichtung (± 45 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. Die Nutzbarkeit ist jedoch durch die saisonale Verschiebung von Wärmedargebot und -bedarf prinzipiell begrenzt. Auch saisonale Speicherung von solarthermischer Wärme kann hier nur bedingt Abhilfe schaffen.

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. Die Flächenbedarfe im Quartier sind minimal. Allerdings ist zu bedenken, dass der Ertrag der Biomasse je Quadratmeter forst- oder landwirtschaftlicher Fläche mit bestenfalls 6 kWh um Größenordnungen geringer ist als bei anderen nachhaltigen Potenzialen (Faktor >100), (siehe Literaturhinweis 3: Kapitel 3.5.2).

Die Dimensionierung von Systemen zur Nutzung von Biomassepotenzialen erfolgt zumeist nach folgender Maxime: Möglichst großer Deckungsbeitrag durch eine möglichst kleine Anlage. Resultierend werden mindestens die Wärme

grundlast, also der sommerliche Wärmebedarf, sowie Teile mittlerer Wärmelasten gedeckt. Spitzenlasten werden meist fossil gedeckt. Nur bei dezentralen (aber selteneren) Konzepten wird der gesamte Wärmebedarf durch Biomasse gedeckt.

Nur bei einem hohen lokalen Aufkommen langfristig verfügbarer und nicht anderweitig nutzbarer biogener Brennstoffe wie etwa Restholz oder Bioabfälle erscheint der Einsatz von Biomasse für die Wärmebereitstellung sinnvoll. Hier entfallen auch Betrachtungen zum Flächenbedarf dieser Potenziale. Andererseits ist fraglich, inwiefern die Nutzungskonkurrenz dieser Brennstoffe gegenüber anderen Sektoren perspektivisch problematisch wird. So erscheint zum Beispiel die Nutzung solcher Potenziale in Industrieprozessen mit hohen Temperaturen aus technischer, ökologischer oder volkswirtschaftlicher Sicht absehbar sinnvoller.

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.

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 21.12.2020)
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 21.12.2020)
3. „Leitfaden Energienutzungsplan“, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (Hrsg.); 2011, [Link](#) (zuletzt abgerufen am 21.12.2020)

Stand: Oktober 2019