



ASUE

Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Innovative Quartiersversorgung



www.asue.de

Inhalt

1 Einleitung	4	<ul style="list-style-type: none">· Rahmenbedingungen· Die Quartiersversorgung· Kundenanlage· CO₂-Einsparung im Wärmemarkt: Die Wärmewende
2 Entwicklung von Quartiersprojekten	8	<ul style="list-style-type: none">· Integrierte Quartiersentwicklung· Kleine Siedlungen· Neuerschließungen· Abwägungsgrundlagen bei der Wahl der Energiequellen· Ausschreibungen für Kommunen· Konzessionsrecht / Konzessionsabgabenverordnung· Zusammenfassung
3 Kraft-Wärme-Kopplung	14	<ul style="list-style-type: none">· Gasmotor-Blockheizkraftwerke· Brennstoffzellen· Mikrogasturbinen
4 Wärmepumpen	16	<ul style="list-style-type: none">· Wärmequellen· Kältemittel· Elektrische Wärmepumpe (EWP)· Gaswärmepumpen (GWP)
5 Spitzenlastgerät	19	
6 Quellen erneuerbarer Energie	20	<ul style="list-style-type: none">· Photovoltaik· Solarthermie· Solarabsorber· Umweltwärme· Oberflächennahe und tiefe Geothermie· Biogas und Biomethan· Holz bzw. Holzreste· Abwärme aus Industrie- oder Siedlungsabwässern· Müllverbrennung
7 Speicher	28	<ul style="list-style-type: none">· Warmwasserspeicher· Latentwärmespeicher / Eisspeicher· Stromspeicher· Erneuerbare Gase als Energiespeicher
8 Wärmenetze	32	<ul style="list-style-type: none">· Der Primärenergiefaktor von Wärmenetzen· Kalte Netze· Kältenetze· Warme Netze· Trinkwassererwärmung
9 Ziele innovativer Wärmenetze	38	<ul style="list-style-type: none">· Maximierung des Anteils Erneuerbarer Energien und Minimierung des Primärenergiefaktors· Vermeidung von Stromspitzen· Kostengünstige und sozial-verträgliche Energieversorgung
10 Automatisierung und Datenverarbeitung	40	<ul style="list-style-type: none">· Messpunkte eines Quartiers· Anforderungen an die Prozesssteuerung· Optimierungs- und Zielgrößen
11 Mieterstrom und E-Mobilität	42	<ul style="list-style-type: none">· Rechtliche Einordnung· Versorgungskonzepte· Ladestationen im öffentlichen und privaten Raum
12 Ideale Konzepte und besonders effektive Kombinationen	46	<ul style="list-style-type: none">· Zweifach kaskadiertes Netz mit BHKW und EWP· BHKW mit Absorptionskältemaschine als Wärmepumpe· GWP und Geothermie· Eisspeicher als Alternative zur Geothermie· Solarthermie und Wärmespeicher· Brennstoffzellen als individuelle Heizungsanlagen· Brennstoffzellen mit Einspeisung in ein gemeinsames Stromnetz (Objektnetz)· Weniger effizient: Luft-Wärmepumpen, individuelle Geothermie, Power-to-Heat-Kessel, Nachtspeicherheizungen
13 Best Practices und Projekte	50	<ul style="list-style-type: none">· Dresden Pieschen: Multimodale Fernwärme· Kalte Nahwärme mit Gaswärmepumpen in Darmstadt· Industrielle Abwärme: Quartiersversorgung mit industrieller Abwärme am Beispiel der östlichen Hafencity Hamburg· Klimaneutrale Weststadt Esslingen: Integrierte Wärmenutzung mit Grünem Wasserstoff· CO₂-freie Gas-Zentralheizung in der Sanierung von Mehrfamilienhäusern· Brennstoffzellen im virtuellen Quartierskraftwerk
14 Rechtliche Rahmenbedingungen	56	<ul style="list-style-type: none">· Förderung· Gesetze und Regelwerke
Informationen zum Thema	59	

Die zusammengefasste Versorgung ganzer Wohngebiete oder Stadtteile mit Strom, Wärme und u. U. auch Kälte bietet große Chancen zur Reduktion von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen. Die Begriffe von Energie- und Wärmewende machen deutlich, wie notwendig neben baulichen Maßnahmen auch eine innovative Versorgungstechnik unter Einbeziehung erneuerbarer Energien ist.

Diese Broschüre soll einen Einblick in das vorhandene Bündel an für die Versorgung ganzer Quartiere vorhandenen Technologien geben und dabei neben der reinen Anwendung auch Grundzüge der energetischen Projektierung oder Sanierung von Quartieren darstellen. Ihr Schwerpunkt liegt indes auf besonders innovativen Ansätzen, die in Ressourceneffizienz, Primärenergiebedarf und Umsetzbarkeit Maßstäbe setzen.

Inhaltlich wurde die Broschüre im ASUE-Arbeitskreis „Quartiersversorgung“ erarbeitet und strebt somit eine große fachliche Tiefe an. Wir bedanken uns ausdrücklich für die freundliche Unterstützung bei:

- Thomas Kuhlmann, E.ON
- Harald Rapp, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
- Dr. Hannes Schwarz, heute: msu solutions GmbH
- Dr. Jan Stichtenoth, innogy SE
- Jan Wullenweber, Verband kommunaler Unternehmen e. V.
- Andreas Franke, VNG ViertelEnergie GmbH
- André Ludwig, tilia GmbH
- Johannes Dannenfeldt, entega AG,
Vorsitzender des ASUE-AK Quartiersversorgung



1 Einleitung

Rahmenbedingungen

Deutschland hat sich ambitionierte Ziele für den Klimaschutz gesetzt. Bis zum Jahr 2050 sollen die Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 % gegenüber dem Referenzjahr 1990 reduziert werden. Bis 2050 soll der Primärenergieverbrauch um 80 % verringert werden. Dies soll im Wesentlichen durch die Verringerung des Energieverbrauchs, die Steigerung der Energieeffizienz sowie den Einsatz regenerativer Energien erreicht werden.

Ein wesentlicher Teil der konkreten Umsetzung von Maßnahmen erfolgt in den Kommunen. Dabei haben sich insbesondere integrierte Energie- und Klimaschutzkonzepte oder integrierte Stadtentwicklungskonzepte als zielführend herausgestellt. In der Betrachtung müssen alle den Wärmebedarf beeinflussende Faktoren, wie z. B. demografische oder klimatische Veränderungen, berücksichtigt werden. Als optimale Betrachtungsebene hat sich dabei das Quartier bewährt.

Die Definition des Quartiers war Gegenstand vieler Diskussionen und es kann festgehalten werden dass bislang noch keine Legal-Definitionen dazu existieren. Dennoch wird in einschlägigen Regelwerken eine plausible und praxisnahe Definition angeboten. Diese lautet:

Ein Quartier ist eine räumlich konstruierte Teileinheit einer Kommune.

Dies geschieht in Anlehnung an die Definition des BMVBS [ehem. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung] und dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung (BBSR) von 2013 zu den „Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere“

Diese Definition bedeutet, dass ein Quartier ein zusammenhängendes, nicht zwingend geschlossenes, kommunales Areal von Gebäuden jeder Art und Nutzung ist, die im historischen, funktionalen und stadtstrukturellen Zusammenhang stehen. Die Parameter einer Abgrenzung eines Quartiers sind nicht festgelegt und können z. B. auf Basis gebäudetypologischer, geografischer, soziodemografischer, wirtschaftlicher oder politischer Parameter erfolgen.

Diese Gebietsabgrenzung gilt als Mittelweg zwischen der strategischen Sichtweise gesamtstädtischer Betrachtungen und der Planung und Umsetzung von Einzelmaßnahmen auf Gebäudeebene. Sie erlaubt die Detaillierung strategischer Entscheidungen und die Festlegung und Bilanzierung konkreter Umsetzungsmaßnahmen auf kommunaler Ebene. Die Entscheidung zur Quartiersabgrenzung obliegt den lokalen Akteuren vor Ort. Sinnvollerweise wird dies als integrierter Ansatz durch die kommunalen Organe unter Mitwirkung der Akteure gestaltet und begleitet.

Die Quartiersversorgung

Ist ein Quartier erfolgreich definiert, müssen zunächst die lokalen Gegebenheiten bewertet und das Vorhandensein erneuerbarer Energiequellen geprüft werden. So besteht insbesondere bei dichter, städtischer Bebauung oftmals das Risiko, keinen ausreichenden Zugriff auf Solarenergie oder Umweltwärme in Umgebungsluft oder im Untergrund zu besitzen. Dagegen gibt es gerade in Mischgebieten gegebenenfalls die Möglichkeit, Abwärme energieintensiver Industrie zu nutzen. Auch können in größeren Städten Sammelleitungen von Abwasser in Absprache mit dem Entsorgungsbetrieb als kostengünstige Wärmequelle genutzt werden. Falls diese beiden Möglichkeiten aber ebenfalls ausfallen, muss Energie mit einem erneuerbaren Anteil von außen als Wärme oder erneuerbares Gas zugeführt werden.

Im ländlichen Umfeld und bei dörflicher Bebauung sollte zunächst geprüft werden, ob lokal relevante Mengen an Biomasse oder erneuerbarer Energie verfügbar sind. So kann eine landwirtschaftliche Biogasanlage Wärme über ein BHKW mit erneuerbarem Biogas gewinnen und über Nahwärmenetze verteilen, was gleichzeitig den Anlagenwirkungsgrad erhöht. In waldreichen Regionen ist zudem die Nutzung von Scheit- oder Landschaftspflegeholz als Option hinzuzufügen. Steht die Möglichkeit der direkten Biogasversorgung nicht zur Verfügung, kann Biomethan, welches an anderer Stelle in das Gasnetz eingespeist wird, als klimaneutrale Energie eingesetzt werden.

Grundsätzlich lassen sich auch Bestandsbauten immer miteinander vernetzen um ein effizientes System aus Stromerzeugern, Wärmeerzeugern, Speichern, Spitzenlastgeräten und erneuerbaren Energiequellen aufzubauen.

		2020	2030	2040	2050
Klima	Treibhausgase Basis 1990	-40 %	-55 %	-70 %	-80 – 95 %
Erneuerbare Energien (EE)	Anteil Strom	35 %	50 %	60 %	80 %
	Anteil Wärme	14 %			
	Anteil Gesamt EEV	18 %	30 %	45 %	60 %
KWK	Anteil Strom	25 %			
Energieeffizienz	Primärenergie	-20 %			-50 %
	Strom	10 %			25 %
	Energieproduktivität		Steigern auf 2,1 %/a		
	Gebäudesanierung	-20 %	Sanierungsrate von 1 % auf 2 % p. a.		-80 % PEV sowie EE

Kundenanlage

Wird in einem Quartier eigener Strom erzeugt, so ist der Betreiber des Stromerzeugers, welcher bis zur Installation des z. B. BHKWs Kunde eines Stromversorgers war, selbst zu einem Versorger geworden. Seine Energieanlage wird aus Sicht des Stromversorgers als „Kundenanlage“ bezeichnet.

Eine Kundenanlage definiert sich nach dem Energiewirtschaftsgesetz (§ 3 Nr. 24a bzw. 24b EnWG) und bezeichnet Energieanlagen und –netze, die sich auf einem räumlich zusammengehörenden Gebiet befinden und nicht von einem regulierten Netzbetreiber unterhalten werden. Dennoch müssen die freie Wahl des Energieversorgungsunternehmens und eine unentgeltliche und diskriminierungsfreie Durchleitung von Strom und Gas zur Versorgung durch dritte Energieanbieter stets sichergestellt werden.

Strom, der lokal in einer Kundenanlage erzeugt und an Letztverbraucher geliefert wird, beansprucht nicht die Verteilnetze, daher entfallen die Netzentgelte. An den Netzentgelten hängen außerdem einige netzseitige Umlagen, die ebenfalls wegfallen: KWK-Umlage, Abschaltbare-Lasten-Umlage (AbLaV-Umlage), Offshore-Haftungsumlage und § 19 StromNEV-Umlage. Weil außerdem keine öffentlichen Verkehrswege genutzt werden, entfällt zu guter Letzt auch die Konzessionsabgabe.

Klassischerweise handelt es sich bei einem Quartiersnetz mit eigener Strom- und Wärmeinfrastruktur um eine Kundenanlage, denn neben der Effizienz ist die Einsparung von Netzgebühren und Konzessionsabgaben ein wirtschaftliches Ziel der dezentralen Versorgung.

Rein rechtlich stellt eine Kundenanlage eine Ausnahme gegenüber dem regulierten Versorgungsnetz dar. In einem Gerichtsurteil aus dem Jahr 2018 (OLG Frankfurt vom 8.03.2018) wurde einer Immobiliengesellschaft mit 397 Wohnungen und einem Absatz von einer Gigawattstunde Strom die Eigenschaft der Kundenanlage abgesprochen, da bei der großen Menge von Abnehmern der Wettbewerb eine maßgebliche Rolle spielen muss.

Der BGH konnte in seinem Urteil vom 12. November 2019 die von allen Parteien angestrebte präzise Abgrenzung einer Kundenanlage nicht genauer klären. Ein nicht unbedeutender, negativer Einfluss auf den Versorgungswettbewerb und die Regulierung sei gegeben, wenn sie aufgrund der Kundenzahl, geographischer Ausdehnung, Strommenge und sonstiger Strukturmerkmale eine bestimmte Grenze überschreite. Dies sei der Fall bei mehreren Hundert Letztverbrauchern, bei einer Fläche deutlich über 10.000 m² und einer durchgeleiteten Strommenge von 1.000 MWh/a. Eine Kundenanlage muss ein räumlich zusammenhängendes Gebiet darstellen, wobei die einzelnen Grundstücke aneinander angrenzen sollten. Dabei ist es unerheblich, ob eine Straße das Gebiet durchschneidet.

Daher kann bei einem größeren Quartiersnetz nicht automatisch von einer Kundenanlage mit Stromnetzen, die nicht der Regulierung unterliegen, ausgegangen werden. Hier wäre eine Gesetzesänderung zu begrüßen, nach der innovative Quartiersversorgungen mit günstigen Strompreisen und hohen Umweltenergieanteilen bzw. überdurchschnittlicher Energieeffizienz automatisch als Kundenanlagen anerkannt werden.



CO₂-Einsparung im Wärmemarkt: Die Wärmewende

Ein zentraler Punkt der innovativen Quartiersversorgung ist die Abkehr von individuellen Wärmeerzeugern zu einer gemeinsamen Quartiersversorgung. Dies bietet die Chance, eine Skalierung der Wirtschaftlichkeit, aber vor allen Dingen der Wirkungsgrade für die Umwandlung der Einsatzenergie in die benötigten Medien zu erlangen. Zudem lassen sich erneuerbare Energiequellen über ein gemeinsames Wärmenetz effizienter erschließen.

Zunächst sind beim Neubau eines Hauses oder der Anlage einer neuen Quartiersstruktur zur Energieeinsparung bauliche Maßnahmen vorzusehen. Diese sind im Wesentlichen das Dämmen der Fassade und des Dachs, die Dämmung der untersten Geschossdecke, der Einbau von Wärmeschutzverglasung und die Schaffung einer luftdichten Außenhülle in Kombination mit Lüftungstechnik inklusive Wärmerückgewinnung. Die Mindestanforderungen werden über das Gebäudeenergiegesetz (GEG) verbindlich vorgeschrieben, doch sind höhere Anforderungen technisch relativ leicht erfüllbar. Dem steht allerdings ein gewisser Kostendruck bei der Errichtung oder der Sanierung von Quartieren gegenüber.

Für Bestandsbauten gelten die Auflagen zur Dämmung gemäß GEG nur in Verbindung mit wesentlichen Umbaumaßnahmen an der Fassade. Jedoch fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) über die KfW mit umfangreichen Programmen die Durchführung von Komplettsanierungen sowie Einzelmaßnahmen. Durch innovative neue Dämmsysteme, bei denen industriell vorgefertigte Fassadenteile zur Dämmung mit geringerem Aufwand angebracht werden, sollen in Zukunft höhere Sanierungsraten erreicht werden (Energiesprung-System).



Der zweite große Hebel zur Umsetzung der Wärmewende ist das von den unterschiedlich ausgeführten Gebäuden unabhängige System zur Versorgung eines Quartiers mit Strom, Wärme, Wasser und ggf. Kälte sowie zur Entsorgung von Abwasser, Abfällen und Abgasen. Mit der Auswahl hocheffizienter Energieanlagen in Kombination mit einem maximalen Anteil erneuerbarer Energie können große Mengen an CO₂-Emissionen eingespart werden. Insbesondere trifft dies auf die Kraft-Wärme-(Kälte-)Kopplung (KWK[K]) zu, weil mit dieser weitentwickelten, vorhandenen Technik Wirkungsgrade deutlich über 90 % erreicht werden können.

Durch die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme (und ggf. Kälte) werden Verluste minimiert und die spezifischen CO₂-Emissionen reduziert. Dabei ermöglichen vernetzte Strukturen eine Vergleichmäßigung des Verbrauchs und damit eine weitere Optimierung der KWK-Effizienz. Grundsätzlich ermöglicht die KWK über Puffer und Mischeinrichtungen quartierspezifisch angepasste Temperaturniveaus zur Vermeidung von Netzverlusten.

KWK kann als Technik zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme neben Biogas und Biomethan langfristig auch auf synthetische Gase sowie Wasserstoff zurückgreifen. Dies findet ebenfalls in der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) der Bundesregierung ausdrücklich Erwähnung.

Die Umstellung der konventionellen Heizungsanlagen auf rein elektrisch betriebene Wärmepumpen wird auch über 2050 hinaus in ihrer Gesamtheit hohe Stromspitzen erzeugen. Daher muss auf zusätzliche Energiequellen zurückgegriffen werden. Dies könnten z. B. erneuerbar hergestellter Wasserstoff oder Biomethan sein.



2 Entwicklung von Quartiersprojekten

Integrierte Quartiersentwicklung

Die Umsetzung der klimapolitischen Ziele mit Schwerpunkt auf Maßnahmen zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz wird vor allem auf lokaler und regionaler Ebene erfolgen. Dabei übernimmt die Quartiersentwicklung mit der Erstellung integrierter Konzepte eine bedeutende inhaltliche und konzeptionelle Aufgabe.

Integrierte Quartiersentwicklungskonzepte vertreten eine gesamtstädtische Sicht und formulieren eine ganzheitliche Strategie für die nachhaltige Entwicklung. Sie beziehen möglichst viele relevante Bereiche der Stadtentwicklung ein und fassen Fachkonzepte der Kommune zusammen. Damit wird ein höherer Grad an zu beteiligenden Bürgern, Institutionen und Unternehmen erreicht, um ein Quartiersprojekt langfristig zum Erfolg zu bringen (s. Abb.).

Für eine nachhaltige Quartiersentwicklung sind Abstimmungsprozesse innerhalb der Kommune sowie mit wichtigen Akteuren (z. B. Energie- & Wohnungswirtschaft) notwendig. Dies bietet eine optimale Bündelung von Maßnahmen aller im Bereich Energie und Klimaschutz relevanten Akteure. Es ist letztlich eine Sache der Abwägung zwischen Interesselagen der Stadt und der Hauptakteure. Die Abgrenzung muss bearbeitbar gemäß den Zielen und umsetzungsorientiert sein.



Abbildung 1: Bündelung von Fachkonzepten in integrierten Stadtentwicklungskonzepten (Darstellung AGFW nach BMVBS)

Zwingend für eine erfolgreiche energieeffiziente, integrierte Stadtentwicklung erforderlich ist die langfristige Koordination und Begleitung von der Konzepterstellung bis hin zum Umsetzungsprozess. Da in diesem Rahmen viele Akteure mit den unterschiedlichsten Interessenlagen aufeinandertreffen, ist deren frühzeitige Beteiligung wichtig, um einen Interessenausgleich zu erreichen. Dazu sind enge Abstimmungsprozesse notwendig. Dies ist ein wesentlicher Faktor für eine erfolgreiche Umsetzung sowie die Akzeptanz von Maßnahmen.

Zielvorgaben der Energieeffizienz des geplanten Quartiers sollten rechtzeitig planerisch festgestellt werden, um zwischen dem öffentlichen Interesse des Klimaschutzes und der kommerziellen Verwertung der Immobilien eine Abwägung zu finden. Bereits vor der Erschließung von Grundstücken müssen die Voraussetzungen für ein energieeffizientes Quartier berücksichtigt werden.

Kleine Siedlungen

Neben kompletten Quartieren werden durch kleinere Siedlungen Lücken geschlossen oder eine Baumaßnahme mit nur wenigen Gebäuden umgesetzt. Obgleich viele Ansätze aus Quartierssicht übertrieben scheinen, muss auch hier über innovative Verknüpfungen der Energieströme nachgedacht werden. Denn die gemeinsame Nutzung von Ressourcen wie KWK und erneuerbarer Energie kann auch in sehr kleinen Siedlungen umgesetzt werden.

Im Unterschied zu Quartieren, deren Entwicklung aus einer entscheidungsbefugten Hand (Investor oder Kommune) koordiniert werden sollten, ist in kleineren Quartieren gegebenenfalls Überzeugungsarbeit der einzelnen Bauherren durch den Projektentwickler nötig. Dieser kann sich bei der Argumentation neben den primärenergetischen Vorteilen vor allen Dingen auf wesentliche Kostenvorteile durch geringere Investitionen und reduzierte Betriebskosten stützen.



Neuerschließungen

Bei der Erschließung oder der Sanierung von Neubaugebieten oder Quartieren stellen sich verschiedene Herausforderungen an den Betreiber der Netzinfrastruktur.

Es gilt zu berücksichtigen, dass die Neu- oder Umbauten oftmals nach und nach fertiggestellt und bezogen werden. Somit wächst der Bedarf an Wärme nur langsam. Die Kosten für den Netzbetrieb bestehen dabei von Anfang an. Die spezifischen Wärmekosten sinken jedoch mit einem zunehmenden Fortschritt durch die Verteilung der fixen Kosten auf eine steigende Anzahl an Wärmekunden. Die Aufsiedlungsgeschwindigkeit und die Anschlussrate sind daher entscheidende Kriterien für die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes im Quartiersmaßstab.

Nicht nur die Zeit, sondern auch die örtliche Verteilung spielt eine Rolle. Wärmeabnehmer, die sich nicht direkt neben der zentralen Erzeugungsanlage befinden, müssen über längere Leitungen erschlossen werden. Der Betreiber hat dabei das Risiko, dass sich an der Leitungstrasse befindliche Abnehmer nicht anschließen. Die Erschließungskosten verbleiben dann zum größten Teil beim Wärmenetzbetreiber.

Es bedarf daher grundsätzlich einer zielgerichteten Absprache mit dem Bauträger, bei der die Bedürfnisse des Wärmeanbieters Berücksichtigung finden. Je nach Größe des Quartiers kann etwa ein Wärmenetz bauabschnittsweise ausgebaut und die so entstehenden Teilnetze später verbunden werden.

Hinsichtlich der Wärmeerzeugung erlauben Wärmenetze eine etappenweise Transformation des zentralen Wärmeerzeugers hin zu erneuerbaren Energien. Statt Umbau- bzw. Ersatzmaßnahmen „in jedem Heizungskeller“ durchführen zu müssen, kann die Umstellung der Wärmeversorgung zentral und schrittweise durchgeführt werden. Vor allem bieten Wärmenetze die Möglichkeit, auch nachträglich Abwärme z. B. aus nahegelegenen Gewerbebetrieben einzubinden. Ferner kann das Wärmenetz nach und nach ausgebaut werden, um weitere Wärmekunden im Bestand, die am Rande eines Gebietes liegen, zu versorgen. Zusätzlich benötigte Wärmemengen können dabei durch den Bau weiterer Wärmeerzeuger bereitgestellt werden. Allerdings sollten schon frühzeitig die langfristige notwendigen Rohre in den Untergrund gelegt werden, da im Neubau mit Kosten von weniger als 250 bis ca. 1.000 EUR/m zu rechnen ist, während sie diesen Wert bei nachträglichem Einbau durch Öffnen der Straßendecke bei weitem überschreiten.

Zur Absicherung der langfristigen Abnahme können Kommunen einen Anschluss- und Benutzungszwang in ihre Bebauungspläne einbeziehen. Die Erfahrungen haben zum Beispiel in Flensburg (Anschlussgrad nahe 100 %) gezeigt, dass verhältnismäßig günstige Preise, die Übernahme von Anschlusskosten und eine hohe Versorgungssicherheit auch für skeptische Anschlussnehmer ausreichende Argumente darstellen können.



Abwägungsgrundlagen bei der Wahl der Energiequellen

Der größte Vorteil, der für den Aufbau einer Quartiersversorgung spricht, ist der Gesichtspunkt der Energieeffizienz. So kann durch die gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom (KWK) gegenüber dem Betrieb individueller Wärmeerzeuger bereits rund 30 % Primärenergie eingespart werden.

Der zweite wesentliche Vorteil ist die vereinfachte und wirtschaftliche Möglichkeit, erneuerbare Energien (Umweltenergie aus Außenluft, Erdreich oder Grundwasser, solare Strahlung, Abwärme) für die Wärmeerzeugung nutzbar zu machen.

Der Einsatz von Erdgas für den Betrieb eines BHKWs oder zur Spitzenversorgung ist durch die gute Speicherbarkeit von Erdgas auch in Zeiten geringer erneuerbarer Stromerzeugung mittelfristig sinnvoll. Langfristig kann Erdgas durch erneuerbare Gase wie Biomethan und Wasserstoff ersetzt werden, ohne dass es einer umfassenden, technischen Umstellung bedarf.

Elektrische Energie wird für Wärmepumpen und Power-to-Heat-Anlagen auch im Quartiersmaßstab eingesetzt. Je nach Stand der Technik müssen dabei die Kosten für einen wirtschaftlichen Betrieb mit denen für einen CO₂-armen Betrieb ins Verhältnis gesetzt werden. Denn stünden nicht ausreichend erneuerbare Strommengen zur Verfügung, würde elektrische Energie aus konventionellen Kraftwerken bereitgestellt, was wegen der mehrfachen Wirkungsgradverluste weniger sinnvoll wäre.

Während man bei der Betrachtung einzelner Gebäude schnell zu Fernwärme oder Brennkesseln tendiert, ergeben sich durch die Einbeziehung von industrieller Abwärme oft effizientere Möglichkeiten. Voraussetzung ist dabei eine gute Zusammenarbeit der Kommune und der Industrie mit dem Bau- und Projektentwickler bzw. der Wohnungsbaugesellschaft. Ebenfalls zu berücksichtigen sind die ausreichende Investitionsbereitschaft oder ein möglichst spezialisierter Investor.

Ist dies gegeben können beispielsweise auch Agrargenossenschaften über die Nutzung von Biomasse oder verbrauchsseitig zusätzliche Abnehmer einbezogen werden. Aus der Versorgung eines Wohnblocks kann sich ein umfassendes Quartier entwickeln, zu dem andere Gebäude mit hohem Wärmebedarf zählen.

Wichtig für ein optimales Ergebnis sind dabei ein technologieoffener Variantenvergleich und eine Betrachtung, die über den Horizont der bloßen Bedarfsdeckung einzelner Gebäude hinausgeht. So lassen sich CO₂-Emissionen und Wärmekosten in der Praxis teilweise um über 30 % senken.



Verantwortung der Kommunen

Die Konzeption einer innovativen und effizienten Quartiersversorgung darf nicht durch einen falschen Planungsablauf verhindert werden. Wird die Vergabe eines Neubaugebiets an Erschließungsträger oder Bauträgergesellschaften ohne Auflagen hinsichtlich der Energieeffizienz erteilt, so wird mit großer Wahrscheinlichkeit ein Energiekonzept erstellt, das hinsichtlich der Investitionen und Vermarktungsfähigkeit das Optimum darstellt, aber die Energieeffizienz außer Acht lässt.

Somit ist es unabdingbar, über ein kommunales Energiekonzept bereits Zielvorstellungen an die Gebäudeeffizienz zu definieren und bei der Vergabe der Erschließung zur Bedingung zu machen. Über eine Ausschreibung können Ingenieurbüros, Versorgungsunternehmen und Contracting-Unternehmen in den Wettbewerb treten.

Konzessionsrecht / Konzessionsabgabenverordnung

In einem Konzessionsvertrag verleiht eine Kommune einem Netzbetreiber für Strom, Gas, Wasser oder Fernwärme das ausschließliche Recht, zum Zwecke der Versorgung von Endkunden die öffentlichen Straßen und Plätze mit Rohrleitungen oder Kabeln zu versehen. Dafür zahlt der Netzbetreiber der Kommune in der Regel eine Konzessionsabgabe, die sich an der Energie- oder Wassermenge orientiert. Ebenso orientiert sich die Höhe der spezifischen Abgabe an der Größe der Gemeinde und beträgt z. B. bei Strom zwischen 1,3 und 2,4 Cent/kWh.

Durch das ausschließliche Recht kann für einen Dritten, z. B. eine Eigentümergemeinschaft in einem Neubaugebiet oder deren Contractor, nur die Möglichkeit bestehen, einen öffentlichen Raum mit eigenen Leitungen nach Verhandlungen mit dem Konzessionshalter bzw. der Kommune zu queren. Innerhalb der Grundstücke und bei Privatstraßen gibt es Einschränkungen dieser Art nicht. Diese Leitungsplanungen sind dringend in der Planung zu beachten, wenn ein Quartiersnetz für Strom und Wärme geplant und aus einer KWK-Anlage oder einem Energiespeicher die Versorgung der sog. Kundenanlage mit Strom erfolgen soll.



Zusammenfassung

Die vorgenannten Aspekte haben gezeigt, dass jedes Quartiersprojekt, ob Neu-, Aus- oder Umbau, schon in der Vorplanung eine hohe Qualität und Planungstiefe benötigt, weil technische und regulatorische Anforderungen sehr vielfältig sein können. Dabei ist es unerheblich, ob es sich um kleine Siedlungen mit wenigen Wohneinheiten oder komplexe, städtische Quartiere mit einer heterogenen Nutzungsstruktur handelt.

In jedem Quartiersprojekt müssen die Eigentümer und Nutzer von Grundstücken und Gebäuden frühzeitig eingebunden werden. Nur so wird erreicht, dass die verschiedenen Ansprüche an Technologie und umweltgerechte Umsetzungen beachtet werden. Insbesondere in größeren Quartiersprojekten kommt den Kommunen dabei die Verantwortung zu, in frühzeitigen Infoveranstaltungen die Einsparpotentiale und Klimaschutzziele aufzuzeigen. Nur so kann Verständnis für den Spagat zwischen maximiertem Anteil erneuerbarer Energien, minimierten Kosten für das Energiesystem, minimierten CO₂-Emissionen und technischen Notwendigkeiten aus Versorgersicht generiert werden.



Vorplanung
hohe Qualität
Planungstiefe

maximierter Anteil
erneuerbarer Energie
minimierte Kosten
minimierte CO₂-Emissionen
technische Notwendigkeiten

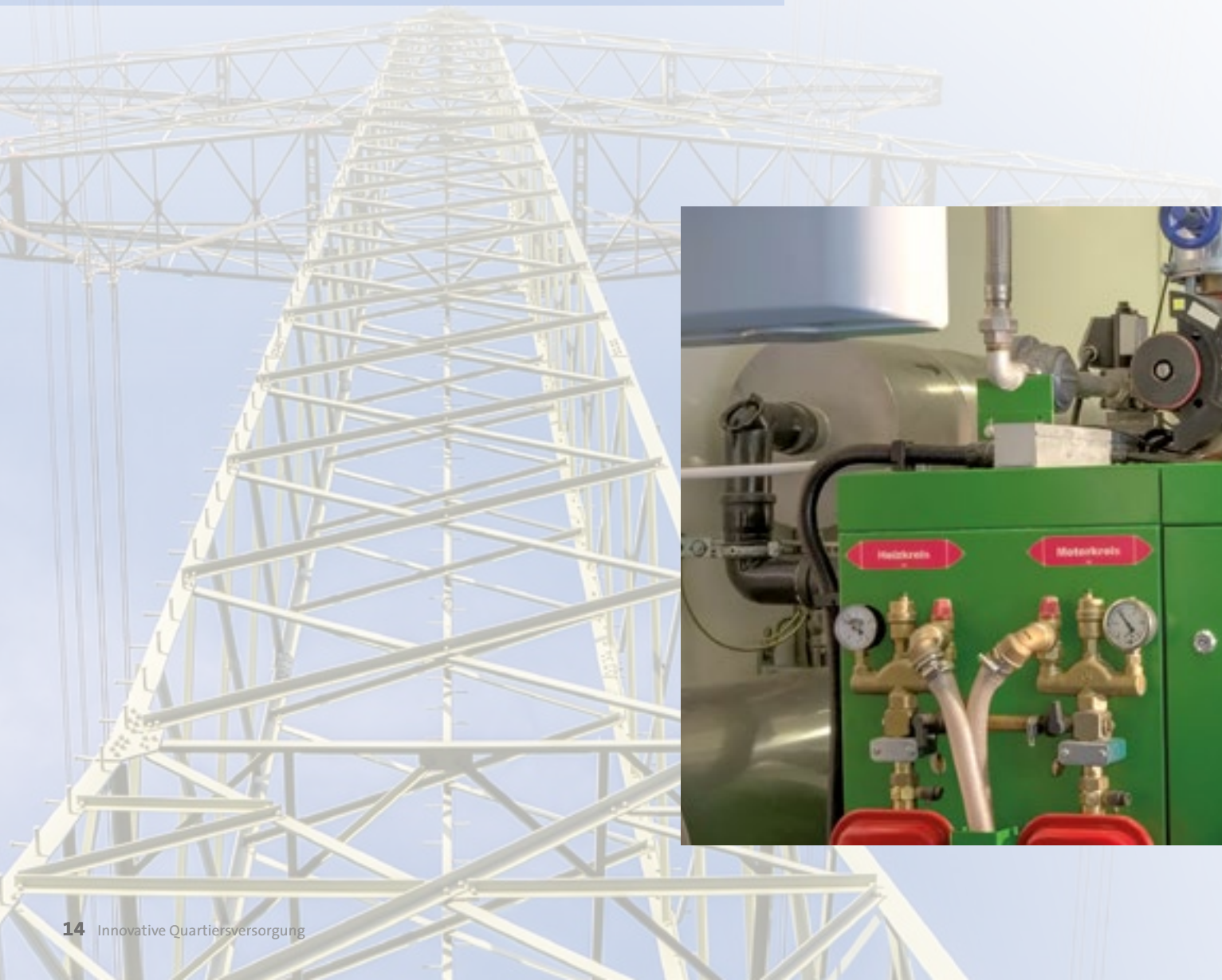
3 Kraft-Wärme-Kopplung

Die Kraft-Wärme-Kopplung ist ein bewährtes Prinzip der ortsnahe Erzeugung von Wärme und Strom in allen Größenordnungen. So ist Fernwärme aus Heizkraftwerken insbesondere in städtischen Ballungsräumen stark verbreitet. Im Quartiersmaßstab bieten KWK-Anlagen in der Zusammenarbeit mit den erneuerbaren Energien gute, zusätzliche Synergien.

So sind Blockheizkraftwerke aufgrund ihrer technologischen Eigenschaften systembedingt hochflexibel einsetzbar. Schnelle Reaktionszeiten und extrem kurze An- und Abfahrzyklen zeichnen BHKWs aus. Jegliche KWK-Anlage, die heute noch mit Gasen fossiler Herkunft betrieben wird, kann ohne Umbau auf den Betrieb mit Biomethan oder nach geringen Anpassungen mit anderen erneuerbaren Gasen wie Wasserstoff umgestellt werden.

Gasmotor-Blockheizkraftwerke

Für Wohnquartiere werden mit Gasmotoren angetriebene BHKWs mit bis zu 500 kW_{el} und 600 kW_{th} gebaut. Für Industrieanwendungen werden BHKWs bis zu 16.000 kW_{el} angeboten. Für die Objektversorgung sind kleinste BHKW-Leistungen ab derzeit ca. 2 kW_{el} verfügbar.



Brennstoffzellen

Brennstoffzellen werden derzeit hauptsächlich in der Objektversorgung kleinerer Wohn- und Gewerbeimmobilien verwendet, können aber zu einem größeren virtuellen Kraftwerk vernetzt werden. Erste größere Brennstoffzellen, die auch für die Versorgung ganzer Quartiere geeignet sind, wurden bereits in einzelnen größeren, vielgeschossigen Gebäuden installiert.

Ihre Vorteile sind der hohe elektrische Wirkungsgrad, die Geräuschlosigkeit und die geringen Wartungskosten. Ihre Investitionskosten sind zurzeit noch sehr hoch – von ca. 20.000 €/kW_{el} im Einfamilienhaus bis zu 5.000 €/kW_{el} im gewerblichen Umfeld. Die staatlich geförderten Systeme amortisieren sich aber durch die effiziente Strombereitstellung in der Regel recht schnell.

Mikrogasturbinen

Mikrogasturbinen kommen bisher eher selten in Wohnquartieren zum Einsatz, bieten aber ein hohes Temperaturniveau für mögliche wärmeintensive Anwendungen innerhalb eines Quartiers, aber auch zur Wärmeversorgung in Bestandsquartieren mit veralteter Bausubstanz. Vorteile der Mikrogasturbinen sind die im Vergleich zum Motor-BHKW reduzierten Wartungskosten und ihre hohe thermische Leistung auf hohem Temperaturniveau. Dagegen ist der elektrische Wirkungsgrad bei 100-kW-Anlagen mit ca. 30 % geringer als bei Motor-BHKW (bei 100 kW_{el} ca. 37 %).

Durch das hohe Temperaturniveau des Abgasstroms ist die Nutzung der Abwärme als Antriebswärme für Absorptionskälteanlagen in Quartieren mit gehobener Ausstattung möglich. Absorptionskälteanlagen können zudem zusätzlich zur Wärmegewinnung aus Geothermiesonden, Vorflutern oder Abwassersammlern eingesetzt werden. Sie haben bezogen auf die Antriebswärme bei der Bereitstellung der Kälte einen Wirkungsgrad von ca. 70 %.

Brennstoffzelle

Mikrogasturbine Typ C65, Capstone. Bild: E-quad Power Systems GmbH

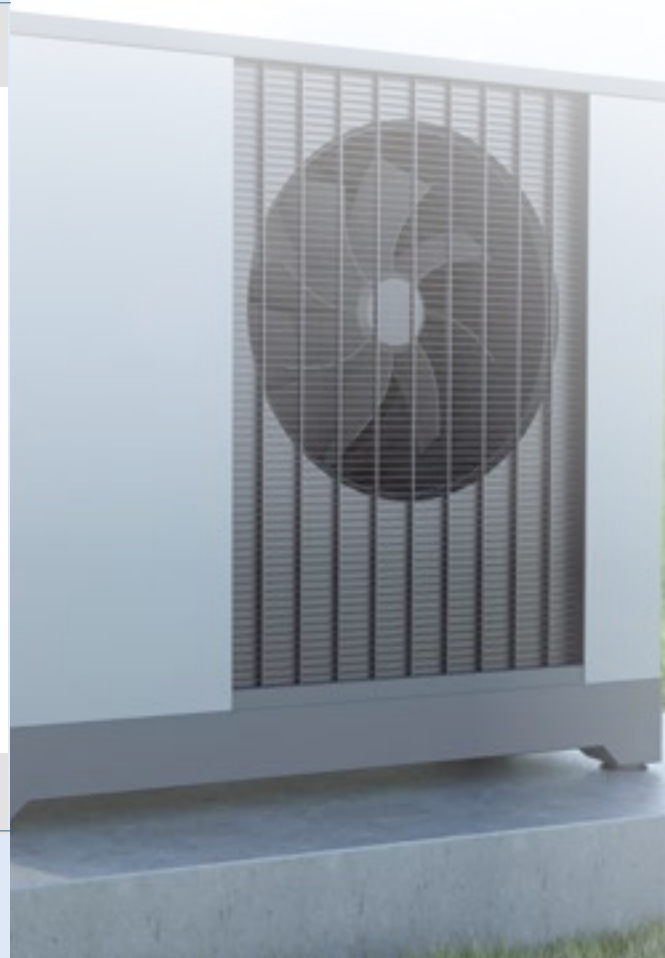
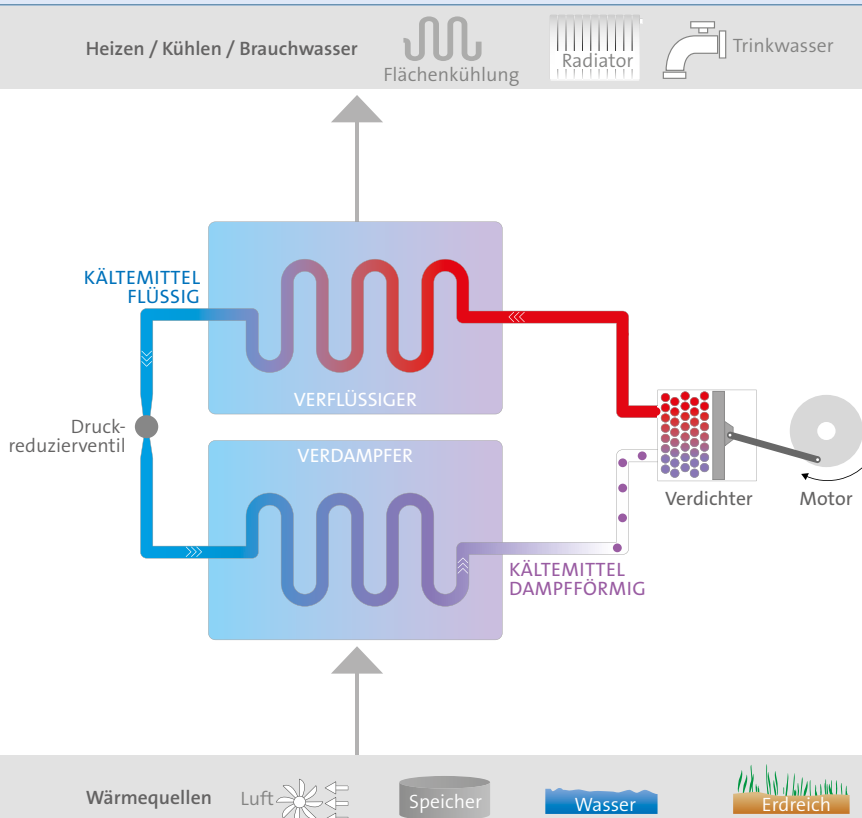


4 Wärmepumpen

Wärmepumpen nehmen thermische Energie aus der Umgebung auf und geben sie als Nutzwärme für ein zu beheizendes System auf höherem Temperaturniveau ab. Dazu wird ein Kältemittel im gasförmigen Zustand bei niedriger Temperatur durch eine Wärmequelle geführt und erwärmt. Anschließend wird das Kältemittel in der Gasphase auf einen höheren Druck verdichtet, wobei sich die Temperatur zugleich erhöht (adiabate oder isentrope Verdichtung). Das heiße, komprimierte Gas kondensiert dann in einem zweiten Wärmeübertrager und gibt dabei seine Wärme an das Heizmedium, meist Wasser, ab. Bei einer anschließenden Entspannung verdampft das Kältemittel, kühlt sich stark ab und kann erneut Wärme aufnehmen.

Wärmequellen

Die Kosten für die Erschließung der jeweiligen Wärmequellen sind für alle Typen von Wärmepumpen gleich. Ebenfalls gilt für alle Wärmepumpen: Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Quellwärme und Nutzwärme, desto besser ist der Wirkungsgrad. Die möglichen Wärmequellen werden im Abschnitt „Quellen erneuerbarer Energie“ (Kapitel 6) beschrieben.



Kältemittel

Bei der Beurteilung von Wärmepumpen ist auch ein Blick auf die Wahl des Kältemittels wichtig. Die meisten Kältemittel, wie R32, R134a etc., haben einen sehr hohen Treibhauspotential (Englisch: Global Warming Potential, kurz: GWP). Dieser Wert gibt an, wie sich ein Mol des Kältemittels auf den Klimawandel im Vergleich zu einem Mol CO₂ darstellt. So zeigt der GWP-Wert von R32 einen 675-fach und der von R134a einen 1430-fach höheren Einfluss auf den Klimawandel als CO₂. In diesem Umfeld ist CO₂ mit einem GWP-Wert von 1 ein deutlich umweltfreundlicheres Kältemittel.

Die mittelfristige Ablösung der Kältemittel mit hohem GWP-Wert ist in der sogenannten F-Gase-Verordnung festgelegt. Fluorierte Kältemittel werden in einer zeitlichen Staffelung ver-

teuert und am Ende ganz aus dem Markt genommen, wenn dann technisch machbare, klimafreundliche Alternativen vorhanden sind.

Propan rückt zunehmend in den Fokus der Wärmepumpen-Hersteller. Unter der Bezeichnung von R 290 hat es einen GWP-Wert von „nur“ 3. Wegen seiner leichten Brennbarkeit und

spezifischen Dichte (schwerer als Luft) müssen besondere Sicherheitsvorkehrungen eingehalten werden, wodurch wiederum das Risiko eines Kältemittelverlustes auf nahezu null geht. Propan hat gute Kältemittelleigenschaften, eine gute Verfügbarkeit und ist preiswert. Ähnliche, klimafreundliche Eigenschaften hat auch Ammoniak (NH₃), das in Gasabsorptionswärmepumpen schon seit vielen Jahren eingesetzt wird.

www.umweltbundesamt.de
> Themen
> Klima/Energie
> Fluorierte Treibhausgase und FCKW
> Rechtliche Regelungen
> EU-Verordnung über fluorierte Treibhausgase

Elektrische Wärmepumpe (EWP)

Bei der elektrischen Wärmepumpe wird Nutzwärme mittels elektrisch betriebener Kompression bereitgestellt. Diese Technologie gewinnt vor allem im Bereich von Einfamilienhäusern immer mehr Bedeutung am Markt, v. a. wegen ihrer geringen Baugröße und vergleichsweise einfachen Installation.

Der Wirkungsgrad wird über die Kennzahl COP (Coefficient of Performance) ausgedrückt, also das Verhältnis von erzeugter Nutzwärme zu eingesetzter Energie. Der COP ist stark abhängig von der Spreizung der Quell- und Nutzttemperatur. Für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe wird zwischen 0 °C und 35 °C (A0/W35) typischerweise ein COP von 3,5 erreicht. Dieser kann wegen tiefer Wintertemperaturen bis ca. -15 °C aber auch unter 2,0 liegen. Für eine Sole-Wasser-Wärmepumpe kann der COP im Temperaturbereich von B0/W35 bei 4,5 liegen.

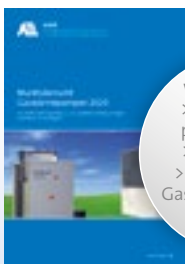
Diese Temperaturspreizungen verändern sich über das Jahr bei verschiedenen Außen- und Vorlauftemperaturen, daher wurde der Begriff der Jahresarbeitszahl (JAZ) eingeführt. Die JAZ erlaubt eine Beurteilung der Effizienz einer Einzelanlage über das ganze Jahr; ein Vergleich mit anderen Installationen sollte aber nicht ange- stellt werden.

Für Einfamilienhäuser mit durchschnittlichem Bauzustand und einer Wärmeleistung von 12 kW liegen die Systemkosten inklusive Einbau im Mittel bei ca. 15.000 € für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe und bei ca. 37.000 € für eine Sole-Wasser-Wärmepumpe. Für Wärmepumpen können wahlweise spezielle Wärmepumpentari- fe beim Stromversorger gewählt werden. Diese sind durchschnitt- lich 8 – 10 Cent/kWh günstiger als „normaler“ Haushaltsstrom, berechtigen aber im Gegenzug den Netzbetreiber, die Wärmepumpe zu Spitzenlastzeiten (im Stromnetz) außer Betrieb zu nehmen (maximal dreimal täglich à zwei Stunden). Die Wärmeversorgung wird in diesen Zeiten dann entweder unterbrochen oder (falls vor- handen) durch einen Wärmespeicher überbrückt. Im Falle von Neu- bauten oder sanierten und gut gedämmten Gebäuden mit Fuß- bodenheizung kann die Unterbrechung in der Regel problemlos überbrückt werden, da diese auch bei tiefen Außentemperaturen vergleichsweise wenig Wärme verlieren. Alternativ kann die Wär- mepumpe auch mit regulärem, aber teurerem Haushaltsstrom ohne Sperrzeiten betrieben werden.

Gaswärmepumpen

Die Verwendung von Gas als Antriebsmittel hat einige Vorteile. Wegen der ganzjährigen Verfügbarkeit ist die Versorgung auch während Dunkelflauten gesichert und der Primärenergiebedarf ist in diesen Zeiten geringer als bei der Nutzung von Netzstrom. Zudem können gasbetriebene Anlagen ohne große Umbauten auf zukünftig vermehrt eingesetzte erneuerbare Gase umgestellt werden.

Für Gaswärmepumpen stehen grundsätzlich zwei verschiedene Prinzipien zur Verdichtung des Kältemittels zur Verfügung: Ein Verdichter bzw. Kompressor wird durch einen Viertaktmotor mechanisch angetrieben, während ein thermischer Kompressor das Kältemittel u. a. durch Erhitzung komprimiert. In beiden Prozessen wird die Verbrennungswärme zusätzlich zur Umweltwärme genutzt.



www.asue.de
> Gaswaerpumpe/Kaelte
> Broschueren
> Martübersicht
Gaswaerpumpen
2020

Gasmotorwärmepumpen (GMWP)

GMWP sind dadurch gekennzeichnet, dass ein gasbetriebener Verbrennungsmotor direkt die Welle eines Kompressors antreibt. Diese Technik, die ihre ersten Einsätze in Japan zur Klimatisierung fand, setzt sich auch in Deutschland zum Heizen und Kühlen aus einer Maschine immer mehr durch. Ihr Vorteil besteht darin, dass die Motorwärme direkt für Heizzwecke mitverwendet wird. Neben GMWP, die Umgebungsluft als Wärmequelle nutzen, sind auch Lösungen mit über Solekreisläufe eingebundene Geothermie verfügbar.

GMWP bieten mit Vorlauftemperaturen von mehr als 75 °C und thermischen Leistungen von 45 bis 300 kW gute Eigenschaften für Quartiere, in denen hohe Wärmebedarf oder Gebäude mit veraltetem Dämmstandard vorliegen. Ebenso ermöglichen die hohen Temperaturen die Integration der Eisspeicher-Technologie. GMWP können COP-Werte bis zu 1,6 vorweisen und sparen im Vergleich zu elektrischen Wärmepumpen durch den direkten Einsatz eines Primärenergie-trägers unter Umständen Primärenergie ein. Die Kosten für Anlage, Einbau und Inbetriebnahme einer Gasmotorwärmepumpe mit einer Wärmeleistung von 40 kW_{th} liegen bei etwa 68.000 €.

Gassorptions-Wärmepumpen (GAbWP und GAdWP)

Gassorptions-Wärmepumpen kommen ohne Gasmotor aus, denn sie bedienen sich eines thermischen Kompressors. Mit wenigen beweglichen Teilen sind sie besonders robust und wartungsarm.

Kernelement von Gasabsorptions-Wärmepumpen (GAbWP) ist ein gasbefeuerter Kältekreislauf, in dem ein Stoffgemisch aus Wasser und Ammoniak oder Lithiumbromid verdichtet, bzw. entspannt wird. Neben der Umweltwärme und der Brennerwärme können GAbWP zusätzlich Mischungswärme, so genannte Enthalpie, die beim Mischen und Trennen der Stoffgemische frei wird, zur Gebäudeheizung nutzen.

Mit Wärmeleistungen um 42 kW sind die mit bis zu 16 und mehr Einzelanlagen (entspricht 736 kW_{th}) kaskadierbaren GAbWP für Mehrfamilienhäuser und Quartiere geeignet. Die Kälteauskopplung ist bei GAbWP genauso möglich wie hohe Vorlauftemperaturen, die z. B. für die Trinkwasserbereitung notwendig sind. Für eine 42-kW_{th}-Anlage müssen ca. 82.000 € für Gerät, Einbau und Inbetriebnahme vorgesehen werden.

Gleiches gilt grundsätzlich für Gasadsorptions-Wärmepumpen (GAdWP), allerdings wird hier z. B. Wasser als klimaneutrales Kältemittel genutzt, welches sich unter Wärmeabgabe an einem Feststoff, z. B. Zeolith oder Silikagel, anlagert. GAdWP sind im Quartiersmaßstab vor allem zur abwärme-basierten Kälteerzeugung geeignet.

Thermodynamische Gaswärmepumpe

Eine Mischung aus den ersten beiden GWP-Technologien stellt eine 2019 auf den deutschen Markt gebrachte, sogenannte thermodynamische GWP aus französischer Herstellung dar. In ihr wird eine mechanische Kompression genutzt, die durch einen mit einem Gasbrenner erhitzten Kolben angetrieben wird. Als Kältemittel wird in dieser Anlage CO_2 mit einem GWP von 1 genutzt. Mit einem COP von bis zu 1,8 ist dieser neue Anlagentyp Rekordhalter unter den bestehenden GWP-Typen.

Hybride Heizungssysteme

Um die Brennstoffausnutzung und die gesamte Effizienz der verschiedenen Technologien zu nutzen, ist es ratsam, nicht nur auf eine einzelne Lösung zu setzen. Verschiedene Hersteller gehen diesen Weg und vermischen elektrische und gasbasierte Antriebe, um die jeweils optimale Lösung anbieten zu können. So gibt es für die Anwendung im Haus sog. Strom/Gas-Hybrid-Heizungen.

Auf Quartiersebene sind wegen der interessanteren Größenordnung mehrere Wärmeerzeuger sinnvoll, wenn dadurch

- die einzelnen Wärmeerzeuger stets im jeweils optimalen Betriebspunkt gefahren werden,
- Strompreise und -angebote mitberücksichtigt werden können (z. B. aus PV) sowie
- außerordentliche Wärmebedarfsspitzen bedient werden können.

Dem stehen andererseits höhere Investitionskosten gegenüber.

Bei sehr tiefen Außentemperaturen können sowohl bei außenluftgebundenen Wärmepumpen als auch bei auf Grundlast ausgelegten KWK-Anlagen Phasen der Unterdeckung in der Wärmeversorgung auftreten. Hierfür sollte auch immer ein Spitzenlastgerät vorgehalten werden.

Dies kann mit einem elektrischen Heizwiderstand oder einem Brennwertkessel, der mit Erdgas, Biomethan oder zukünftig auch mit anderen erneuerbaren Gasen betrieben wird, kostengünstig realisiert werden. Die Kosten betragen hier bei größeren Anlagen ab $100 \text{ kW}_{\text{th}}$ ca. $45 \text{ €/kW}_{\text{th}}$.

Ebenso ist es möglich, eine kostengünstig zu installierende Power-to-Heat-Anlage einzusetzen. Dabei ist je nach Installationsumfang (möglicherweise zusätzliche Gebäude, Kessel, Rohrleitungen) von ca. 100 bis $300 \text{ €/kW}_{\text{th}}$ auszugehen. Diese Anlage kann grundsätzlich bei einem Überangebot von Strom betrieben werden, muss allerdings zu weniger netzdienlichen Zeiten deaktiviert werden.



6 Quellen erneuerbarer Energie

Das moderne und innovative Quartier sollte einen maximalen Anteil erneuerbarer Energie in ein sicheres Versorgungssystem integrieren. Dabei gibt es die Optionen, Strom und Wärme aus Sonnenenergie zu gewinnen, Umweltwärme und/oder Biomasse als Quellwärme zu nutzen und erneuerbare, speicherbare Energieträger, wie Biomethan oder synthetische Gase einzubinden. Im Zusammenspiel mit KWK-Technik können die erneuerbaren Energiequellen mittels Wärmepumpen von ihrer Quelltemperatur auf die Nutztemperatur angehoben werden und dabei die Stromkosten gering gehalten werden.

Photovoltaik

Der Begriff Photovoltaik (PV) steht für die direkte Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie. Wesentlicher Bestandteil einer PV-Anlage sind die in Modulen seriell und parallel verschalteten Solarzellen. Die Leistung einer Anlage ist durch die verfügbare, möglichst unverschattete Installationsfläche limitiert.

Auf Gebäude- und Quartiersebene werden am häufigsten mono- und polykristalline Dickschichtmodule aus Silizium mit Wirkungsgraden von mehr als 20 % auf Flach- und Schrägdächern verbaut. Grundsätzlich kann die Integration auch direkt im Dach oder in der Fassade durch PV-Dachziegel und -folien, Kaltfassaden-Module, PV-Wärmedämm-Verbundsysteme sowie opake und transparente PV-Isoliergläser erfolgen.

Der elektrische Ertrag hängt neben der Moduleffizienz primär vom einfallenden Licht sowie der Ausrichtung der PV-Anlage ab. Für einen maximalen Ertrag sind die Kollektorenflächen in Deutschland approximativ gen Süden mit einem Neigungswinkel von etwa 30° ausgerichtet. Bei Ost-West-Ausrichtung sinkt der spezifische Jahresertrag um ca. 20 %, dafür ergibt sich aber der Vorteil, die Stromerzeugung über einen längeren Zeitraum des Tages zu strecken. In Deutschland werden je nach Einstrahlung und Wirkungsgrad spezifische Erträge um 1.000 kWh/kW_p erzielt. So lassen sich ca. 200 kWh/m² Modulfläche erreichen. Der Ertrag von in Fassaden senkrecht integrierten PV-Modulen ist in der Jahressumme deutlich geringer.



Solarthermie

Die durchschnittlichen Nettopreise für kleine PV-Anlagen (<100 kW_p) liegen bei ca. 1.500 €/kW_p. Darin sind alle Kosten für Installation und Anlagenteile enthalten, wovon etwa 50 % auf die Solarmodule entfallen. Die darüber hinaus anfallenden jährlichen Instandhaltungskosten können mit 1 bis 1,5 % der Anschaffungskosten geschätzt werden. Von Herstellern wird üblicherweise eine Lebensdauer von 25 Jahren mit 80 % der Nennleistung am Ende garantiert. Große Anlagen >1 MW_p können bei ca. 1.000 €/kW_p und mit zunehmender Größe mit noch geringeren Investitionen kalkuliert werden.

Bei der Solarthermie wird die Strahlung der Sonne in thermische Energie umgewandelt und als Nutzwärme bereitgestellt. Die Umwandlung erfolgt anhand des Absorptionsprinzips. Mithilfe eines gut leitenden Absorbers wird die Sonnenstrahlung als thermische Energie aufgenommen und auf ein Wärmeträgermedium übertragen. Dieses Medium, oftmals ein Wasser-Frostschutz-Gemisch, wird mittels Umwälzpumpe durch einen Wärmespeicher und nach Wärmeabgabe zurück zum Kollektor geführt.

Für die Bereitstellung von Warmwasser oder Raumwärme in Quartieren und Gebäuden eignen sich generell Flach- oder Röhrenkollektoren zur Deckung eines partiellen Wärmebedarfs. Flachkollektoren erreichen bei bedarfs- und kostenoptimaler Auslegung zur Wärmeunterstützung jährlich bis zu 400 kWh_{th}/m². Die Anschaffungskosten belaufen sich auf ca. 300 €/m² zzgl. Kosten für Pumpe, Rohre, Speicher sowie Montage.

Röhrenkollektoren erreichen durch eine Vakuumisolierung höhere Erträge. Auch zusätzliche Reflektoren, welche das Sonnenlicht auf die Absorberfläche konzentrieren, können die Erträge und damit den Nutzungsgrad auf über 50 % anheben. Der damit um ca. 30 % gesteigerten Energieausbeute der Vakuumröhrenkollektoren stehen höhere Modulkosten in Höhe von ca. 600 €/m² gegenüber sowie die Restriktion, nicht direkt in die Gebäudehülle integriert werden zu können.

Für Flach- und Röhrenkollektoren wird von den Herstellern eine Lebensdauer bis zu 20 Jahren garantiert. Die Instandhaltungskosten können mit 1,5 % der Anschaffungskosten einkalkuliert werden. Außerdem wird für den Betrieb der Pumpe elektrische Energie (< 100 kWh/a) benötigt. Unter bestimmten Bedingungen wird die Errichtung von Solarthermieanlagen durch Bund und Länder gefördert.



Solarabsorber

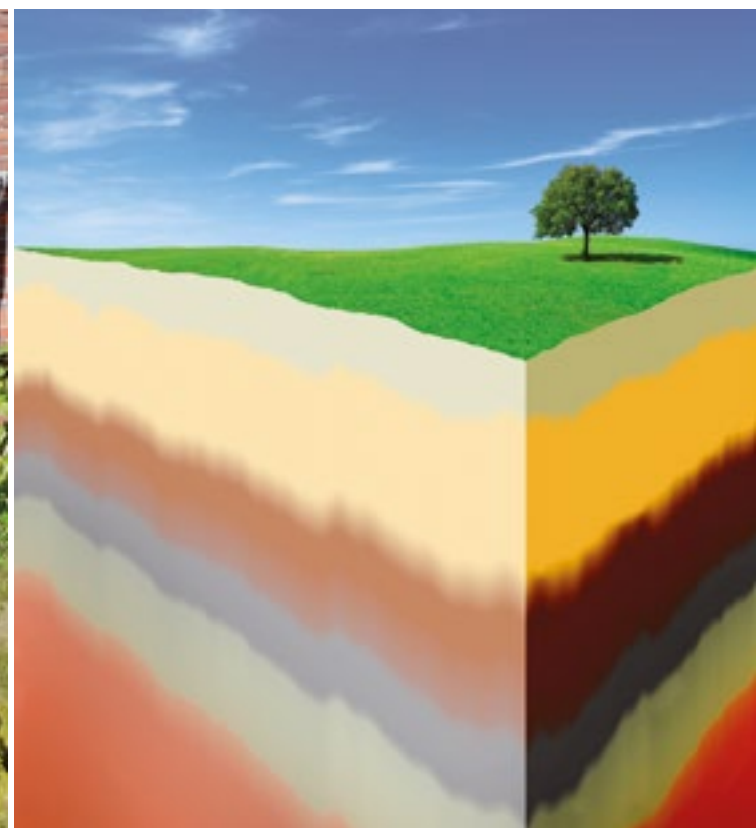
Die im Verhältnis zur vorgenannten Solarthermie deutlich einfacher aufgebauten Solarabsorber bestehen meist aus schwarzem Kunststoffmaterial, das gegen UV-Licht resistent und hitzebeständig ist. Bei Kosten ab ca. 100 €/m² generieren die als Matten oder Flächenmodule gelieferten Absorber mit bis zu 300 kWh_{th}/m² kostengünstige Wärme auf moderaten Temperaturniveaus zwischen 15 und 30 °C, wie sie als Vorlauf für Wärmepumpen oder in der Beheizung von Schwimmbädern zum Einsatz kommen. Ebenfalls werden sie zur Regeneration von Eisspeichern eingesetzt.

Den im Vergleich zur Solarthermie geringeren Investitionen stehen geringere erreichbare Temperaturen sowie ein größerer Flächenbedarf gegenüber. Bei großen, verfügbaren oder bei aus verschiedenen Gründen nicht bebaubaren Flächen sind Solarabsorber eine alternative Technologie zur Versorgung mit niedrig temperierter Wärme.

Oberflächennahe und (mittel-)tiefe Geothermie

Oberflächennahe Erdwärme bietet unterhalb der Frostschutzgrenze (> 0,5 m) zwischen 5 bis 12 °C stabile Temperaturen. Zur Nutzung werden Kollektoren oder Körbe im Boden verlegt. Dafür müssen geeignete Flächen um das zu beheizende Objekt vorhanden sein. In Deutschland sind bis heute bereits fast 500.000 entsprechende Anlagen im Betrieb gegangen.

Beim Neubau können im Rahmen der geländetechnischen Vorbereitung Flächen für die geothermische Nutzung ohne jede bergrechtliche Genehmigung vorbereitet und nach der Verlegung der Kollektoren aufgefüllt werden. Dieser Prozess kann sich ausgesprochen kostengünstig darstellen, je nach Bodenbeschaffenheit und Koordination der Beteiligten. Gerade größere Quartiere können dies z. B. unter öffentlichen Flächen oder Sportplätzen umsetzen. Bei der Sanierung von Bestandsgebäuden steht diese Option wegen fertig bebauter oder gestalteter Umgebung meistens leider nicht zur Verfügung.



Dagegen benötigen tiefergehende Erdwärmesonden eine geringere Grundstücksfläche. In Tiefen von 50 bis 100 m fungieren Feuchtigkeit oder Gestein als Speicher oder Wärmequelle. Hierfür werden ggf. behördliche Genehmigungen in Bezug auf Wasserschutz und Wasserrecht sowie bei mehr als 100 m auch eine bergrechtliche Genehmigung erforderlich. Zusätzlich fallen im Vergleich zu Luft- oder Bodenkollektoren höhere Erschließungskosten an. Die Kosten für eine Bohrung betragen je nach geologischen Gegebenheiten ca. 8.000 bis 12.000 Euro, bei mehreren, gleichzeitigen Bohrungen können Aufrüstkosten von bis zu 3.000 EUR je Bohrung abgezogen werden.

Geothermiesonden müssen von Fachfirmen geplant und ausgeführt werden (DVGW-Zulassung). Um die Produktivität anderer Bohrungen nicht zu beeinflussen, wird ein Abstand der Bohrungen untereinander von

mindestens 10 m und zur Grenze des Nachbargrundstücks von 5 m vorgeschrieben. Zum eigenen Gebäude sollte wegen der Gefahr der Bodenvereisung ein Abstand von 3 m gewahrt werden

Bei der Nutzung als Wärmequelle ist die zu erreichende Wärmeleistung aus Sondenbohrungen abhängig von der Grundwasseranströmung und der Wärmeleitfähigkeit der Gesteinsformationen. Aus einer 100 m tiefen Bohrung können zwischen 3 und 7 kW Leistung erbracht werden. Für die teufenbezogene Wärmeleistung aus dem Boden betragen die mittleren Werte zwischen 30 und 70 W/m.

Einer Auskühlung des Bodens und folglich einem Verlust der Sondereffizienz kann durch eine Regeneration der Bohrung im Sommer mit Wärme aus einer Solarthermie-Anlage oder aus der Rückkühlung einer Klimatisierung entgegengewirkt werden.

Neben der beschriebenen oberflächennahen Geothermie ist die mitteltiefe Geothermie insbesondere zwischen 400 – 1.000 m in einem Temperaturbereich von ca. 40 - 60 °C eine weitere Option. Sie kann in Kombination mit Wärmepumpen für ein Quartiers-Wärmenetz besonders attraktiv sein. Ihre Bedeutung wird vor allem im norddeutschen Raum zunehmen.

Die tiefergeothermischen Anlagen (2020: 38 in Deutschland in Betrieb, 30 in der Planung) haben meist eine Tiefe zwischen 2.000 - 5.000 m und nutzen überwiegend hydrothermale Lagerstätten in einem Temperaturbereich zwischen 100- 160 °C aus. Ideale Voraussetzungen dafür bieten aktuell das Bayerische Molasse- und das Norddeutsche Becken sowie der Oberrheingraben. Weitere Gebiete werden aktuell vielversprechend erkundet.



Biogas und Biomethan

Biogas, das in Biogasanlagen durch anaerobe Vergärung von Pflanzen oder biologischen Abfällen entsteht, setzt bei der Nutzung nur so viel CO_2 frei, wie die Pflanzen vorher beim Wachsen aufgenommen haben. Dementsprechend wird dessen Nutzung bei der Berechnung des Primärenergiefaktors belohnt.

Biogas kann mit Methangehalten um 50 % in speziell dafür ausgelegten Biogas-BHKW genutzt werden. Diese können entweder direkt an der Biogasanlage stehen oder über eigene Gasleitungen bis ca. 5 km Länge versorgt werden und dann direkt am Ort des Wärmeverbrauchs installiert werden. Biogasnetze sind eine hocheffiziente und klimaneutrale Option, die in landwirtschaftlich geprägten Regionen umgesetzt werden kann und mit einem minimalen Primärenergiefaktor von 0,2 belohnt wird.

Des Weiteren wird Biogas zu Biomethan aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist. Bei der Einspeisung wird es bilanziell erfasst, beim Verbrauch wird es z. B. einem städtischen Quartier zugeordnet. So ermöglicht es die klimaneutrale Beheizung von städtischen Gebäuden. Voraussetzung dafür ist die Verwendung des Biomethans in einer KWK-Anlage ($\text{PEF} = 0,5$) oder einem Brennwertkessel ($\text{PEF} = 0,7$). In KWK-Wärmenetzen kann der erzeugte Strom mit einem $\text{PEF} = 2,8$ gegengerechnet werden. Im Handel wurde Biomethan im Jahr 2019 durchschnittlich für unter 9 Ct/kWh angeboten. Damit ist es nur ca. 4 Ct/kWh teurer als Erdgas und ein preisgünstiger Zugang zu erneuerbarer Energie.

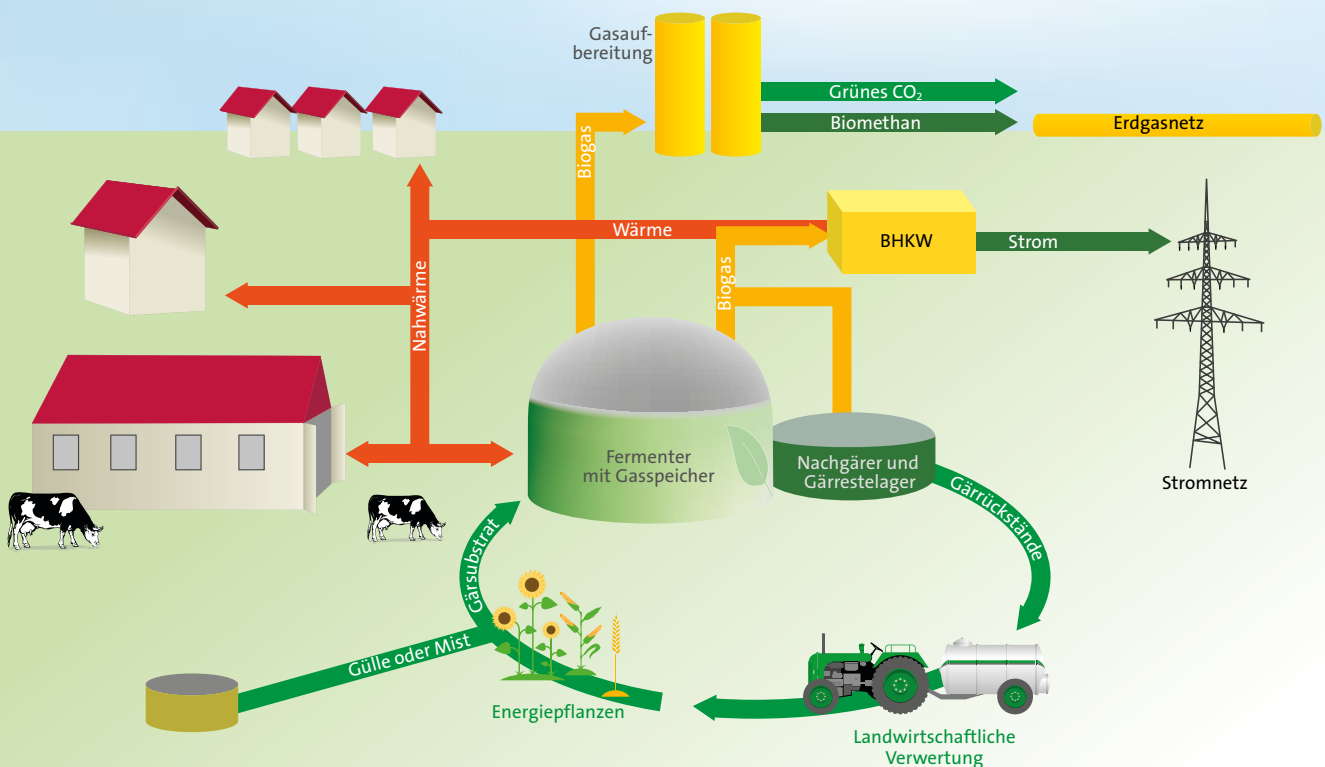


Umgebungsluft

Die in der Umgebungsluft enthaltene Wärme kann durch Wärmepumpen nutzbar gemacht werden. Dazu werden im Außenbereich freistehende Verdampfer installiert, in denen ein durch Expansion stark abgekühltes und verflüssigtes Kältemittel verdampft, wobei die Umweltwärme aufgenommen wird. Die beinahe unbegrenzt verfügbare Umgebungsluft wird dazu mit großen Lüftern über Wärmeübertrager gezogen, durch die das Kältemittel während der Wärmeaufnahme strömt.

Die Lüfter müssen die am Ort des Einsatzes gültigen Lärmemissionsgrenzen befolgen. Insbesondere nachts können die Geräusche in reinen Wohngebieten nicht zulässig sein (Grenzwert der TA Lärm: 35 dB_A). Insbesondere bei größeren thermischen Leistungen z. B. an Mehrfamilienhäusern müssen unter Umständen so große Luftmengen umgewälzt werden, dass die erforderlichen Schallschutzmaßnahmen zu kostspielig werden.

Bei niedrigeren Außentemperaturen ab ca. -15 °C werden Luftwärmepumpen zunehmend ineffizienter, weil die eingesetzten Kältemittel die Spreizung von Soll- und Quelltemperatur nur noch unvollständig abdecken. Zudem besteht bei hoher Luftfeuchtigkeit die Gefahr einer Vereisung der Verdampfer. Daher bauen innovative Konzepte verstärkt auf die Nutzung von Gebäudeabluft oder anderer Abwärme, um höhere Wirkungsgrade zu erzielen.



Abwärme aus Industrie- oder Siedlungsabwässern

Aus thermodynamischer Sicht ist Wärme die niedrigste Energieform. Das heißt, sie fällt oft als Abfallprodukt höherer Nutzungen an, beispielsweise in der Mobilität, in chemischen Prozessen oder in der Stromerzeugung und wird daher als Abwärme bezeichnet.

Diese Energie ist ein mögliches Kopplungsmitglied zwischen den Sektoren Industrie und Immobilien. Denn die zur Verfügung stehenden Temperaturen können im Wohn- und Bürobereich gut zur Warmwasserbereitung, zum Heizen und unter Einsatz von Sorptionstechnik zum Kühlen genutzt werden. Gleichzeitig gibt es in der Industrie selten Verwendung für die großen, mit weniger als 100 °C anfallenden Wärmemengen.

Industrielle Abwärme fällt meist in größerer Entfernung von Wohn- und Büroimmobilien an, so dass dem Transport der Wärme entscheidende Bedeutung zukommt. Hier gilt es, ein möglichst niedriges Temperaturniveau zu wählen, da die Verluste in Rohrleitungen und damit die Kosten bei höheren Temperaturen deutlich ansteigen. Ebenso müssen Speicher integriert werden, die die tages- und saisonperiodischen Nutzungen im Umfeld von Wohnen und Arbeiten an die oft kontinuierlichen Prozesse der Industrie anpassen.

Eine weitere, bisher kaum genutzte Restwärme fällt im Siedlungsabwasser von Quartieren an. Denn über z. B. Wasch- oder Duschwasser werden bis zu 15 % der in ein Gebäude eingebrachten Heizenergie ungenutzt an das Abwasser abgegeben. So kann aus Sammelleitungen ab einer Temperatur von etwa 8 °C bis zur üblichen Abwasserhöchsttemperatur von 15 °C Heizenergie mit Wärmepumpen gewonnen werden. Überschlägig kann die gewinnbare Energie aus Siedlungsabwässern mit 2 bis 3 kWh pro Tag und Einwohner veranschlagt werden. In Summe könnte in Deutschland bis zu 10 % des Heizenergiebedarfs aus Abwasser gedeckt werden.



Holz bzw. Holzreste

Grundsätzlich stehen für Wärmenetze Pellet- und Hackschnitzel-Heizkessel, seltener auch Holzvergaser-BHKW zur Verfügung. Hackschnitzel sind recht einfach in der Aufarbeitung und bis zu 50 % günstiger als Holzpellets, die 2018 um 250 €/t (entsprechend ca. 4,8 Ct/kWh_{th}) kosteten. Dagegen sind Hackschnitzel-Heizkessel aufwändiger in Herstellung und Betrieb, so dass sie sich erst ab Heizleistungen von etwa 1 MW rentieren, während Pelletanlagen bis etwa 550 kW_{th} eingesetzt werden.

Es gilt für beide Typen, dass ein modularer Betrieb vermieden werden sollte, um überflüssige Emissionen und verringerte Effizienzen zu vermeiden. Stattdessen sollten kaskadierte Konzepte umgesetzt werden, wenn die Holz-

versorgung gesichert ist. Spitzenlasten könnten grundsätzlich über separate Gasbrennwertkessel bereitgestellt werden, um die Holzheizungen optimal zu nutzen. So können in einer Hybridanlage aus Pellets-Grundlastheizung und Gas-Spitzenlastbrenner 60 bis 85 % der Jahreswärme CO₂-neutral erzeugt werden. Durch den Einsatz von Biomethan kann diese Quote auf 100 % erhöht werden.

Beim Betrieb eines holzbasierten Wärmenetzes ist ein gewisses betriebliches Management erforderlich. Holzlager müssen aufgefüllt, die anfallende Asche fachgerecht entsorgt und die Holzbeschickungseinrichtung regelmäßig gewartet werden. Diese Tätigkeiten ermöglichen aber auch eine regionale Wertschöpfung und belohnen den Betreiber mit primärenergetischen Vorteilen und einem äußerst positiven Image.

Müllverbrennung

Insbesondere für Quartiere in kommunaler Hand bietet sich mit der Nutzung von Abfällen eine in mehrfacher Hinsicht interessante Option. Zum einen werden durch eine lokale Nutzung der Wert- und Reststoffsammlungen größere Transportkosten vermieden, zum anderen schreibt die aktuelle Gesetzgebung (FW 309-1) der Wärme aus Müllverbrennungsanlagen einen PEF von Null zu. Dadurch lassen sich effiziente Nutzungskreise schließen und Emissionen vermeiden. Durch die Optimierung der Versorgung können unverhältnismäßig aufwändige bauliche Maßnahmen vermieden werden.



7 Speicher

Speicher werden genutzt, um Leistungsbedarfsspitzen in Netzen jeder Größe auszugleichen, Sonnenenergie kurzfristig oder saisonübergreifend zu speichern und um einen leistungseffizienten Betrieb anderer Komponenten eines Versorgungskonzeptes zu ermöglichen. Die Speicherung von chemisch gebundener, thermischer und elektrischer Energie sind für einen stabilen Netzbetrieb nötig – insbesondere, um die fluktuierenden erneuerbaren Energien erfolgreich einzubinden.

Chemische Speicher

Chemische Speicher sind feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe, wie Holz, Benzin, Erdgas, Biogas oder Wasserstoff. Die in ihnen gespeicherte Energie wird durch Verbrennung freigesetzt, treibt danach meist einen elektrischen Generator oder einen Verdichter an oder wird an ein anderes Medium übergeben. Diese Brennstoffe können in Tanks und Rohrleitungen kostengünstig übersaisonal gespeichert und beliebig transportiert werden, so dass über sie häufig die unbedingt erforderliche Spitzenlastabdeckung bzw. Spitzenglättung erfolgt.

Wärmespeicher

Im Fall der Wärmespeicher gilt, dass sie isoliert werden müssen, um die gespeicherte Wärme im Speicher zu halten. Eine saisonübergreifende Speicherung von Wärme ist grundsätzlich in großen Erdspeichern wirtschaftlich, da für diese die Wärmeverluste über die Außenfläche gering sind. Wärmespeicher können auf unterschiedliche Weise beheizt werden, denn es steht mit Gas- oder Ölbrennern, Wärmepumpen, Solaranlagen oder elektrischen Heizstäben etc. eine große technische Vielfalt an Wärmeerzeugern zur Verfügung, die jeweils entsprechend der lokalen Bedingungen ausgewählt werden müssen.

Die Kapazität eines Wärmespeichers definiert sich neben dem Volumen über das Temperaturniveau.

Warmwasserspeicher

Der Anschluss von Warmwasserspeichern erfolgt in älteren Gebäuden meist direkt innerhalb des Trinkwasserkreislaufes, was aus hygienischen Gründen Vorlauftemperaturen von mindestens 65 °C erfordert. In neueren Installationen mit Fußbodenheizungen wird eher auf Trinkwasserstationen und auf sekundäre Trinkwasserkreisläufe innerhalb der Speicher gesetzt, da die Heizungsvorläufe energiesparend bei maximal 45 °C betrieben werden.

Im Quartiersmaßstab bietet sich der Einsatz großvolumiger Zentralspeicher an. Mit ihrem optimalen Verhältnis von Oberfläche zu Volumen werden Verluste reduziert und meistens ausreichend thermische Energie auch für Starklastzeiten vorgehalten. Die Kosten belaufen sich dabei

- **für atmosphärische Verdrängungsspeicher** auf 300 – 500 Euro pro m³ Speicherkapazität (6.800 – 11.350 €/MWh),
- **für Zwei-Zonen-Speicher** auf 400 – 700 €/m³ (6.250 – 11.000 €/MWh bei 115 °C) und
- **für Druckspeicher** auf 800 – 1.200 €/m³ (8.900 – 13.350 €/MWh bei 140 °C).

Eine große Bedeutung kommt Wärmespeichern in Zusammenspiel mit großflächigen Solarthermieanlagen zu. Das grundsätzlich hohe Temperaturniveau aus der Solarthermie kann mittels Speicher (auch Erdspeicher) einen hohen Beitrag zur Wärmeversorgung leisten. Große Warmwasserspeicher werden zur Besicherung und Optimierung von Fernwärmenetzen errichtet, ihre Volumina betragen dabei bis zu 25.000 m³.

Latentwärmespeicher / Eisspeicher

Bei diesem Speichertyp ändert sich der Aggregatzustand des Speichermediums bei Wärmezufuhr z. B. von fest zu flüssig und bei der Wärmeentnahme in der Gegenrichtung. Ist der sog. Phasenwechsel von fest nach flüssig abgeschlossen, funktionieren Latentwärmespeicher wie Warmwasserspeicher.

Kommen in Latentwärmespeichern die wegen ihrer hohen Wärmekapazität besonders geeigneten Salze oder Paraffine zum Einsatz, so spricht man wegen des hohen Temperaturbereiches von 150 bis ca. 330 °C von Hochtemperatur-Latentwärmespeichern. Diese Speicher finden nur im größeren Quartiersmaßstab oder bei der Nutzung industrieller Abwärme Anwendung und kosten ca. 50 bis 100 €/kW_{th}.

Eine für den Quartiersmaßstab interessantere und mit Wasser arbeitende Form des Latentwärmespeichers, die schon in einigen Projekten zur Versorgung kleiner Siedlungen eingesetzt wird, wird auch als Eisspeicher bezeichnet. Die Verwendung von Wasser als Phasenwechselmedium hat bezüglich umweltrechtlicher Aspekte wesentliche Vorteile gegenüber den mit Salzen oder Paraffinen betriebenen Systemen und rechtfertigt damit die geringere, spezifische Speicherkapazität. Sie bedürfen allerdings einer Wärmepumpe, die das Temperaturniveau von 0 °C auf die Nutztemperatur anhebt. Im Sommer wird der Eisspeicher durch Umweltwärme regeneriert. Eisspeicher bzw. Niedertemperatur-Latentwärmespeicher kosten ca. 1.000 €/kW_{th}.

HYDROGEN
ENERGY STORAGE

Stromspeicher

Strom muss immer in dem Moment erzeugt werden, in dem er gebraucht wird. Soll er gespeichert werden, muss die elektrische Energie in eine andere Energieform überführt werden.

Stromspeicher können ihre Ladung aus dem Stromnetz, aus KWK-Anlagen und aus Solaranlagen erhalten.

Historisch wurden z. B. Pumpspeicherkraftwerke gebaut, die Wasser auf eine größere Höhe pumpen und die eingesetzte Elektroenergie mit mehr als 80 % Gesamtwirkungsgrad aus dem bergab strömenden Wasser zurückgewinnen. Die Ausbaukapazitäten hierfür sind jedoch begrenzt.

Akkumulatoren

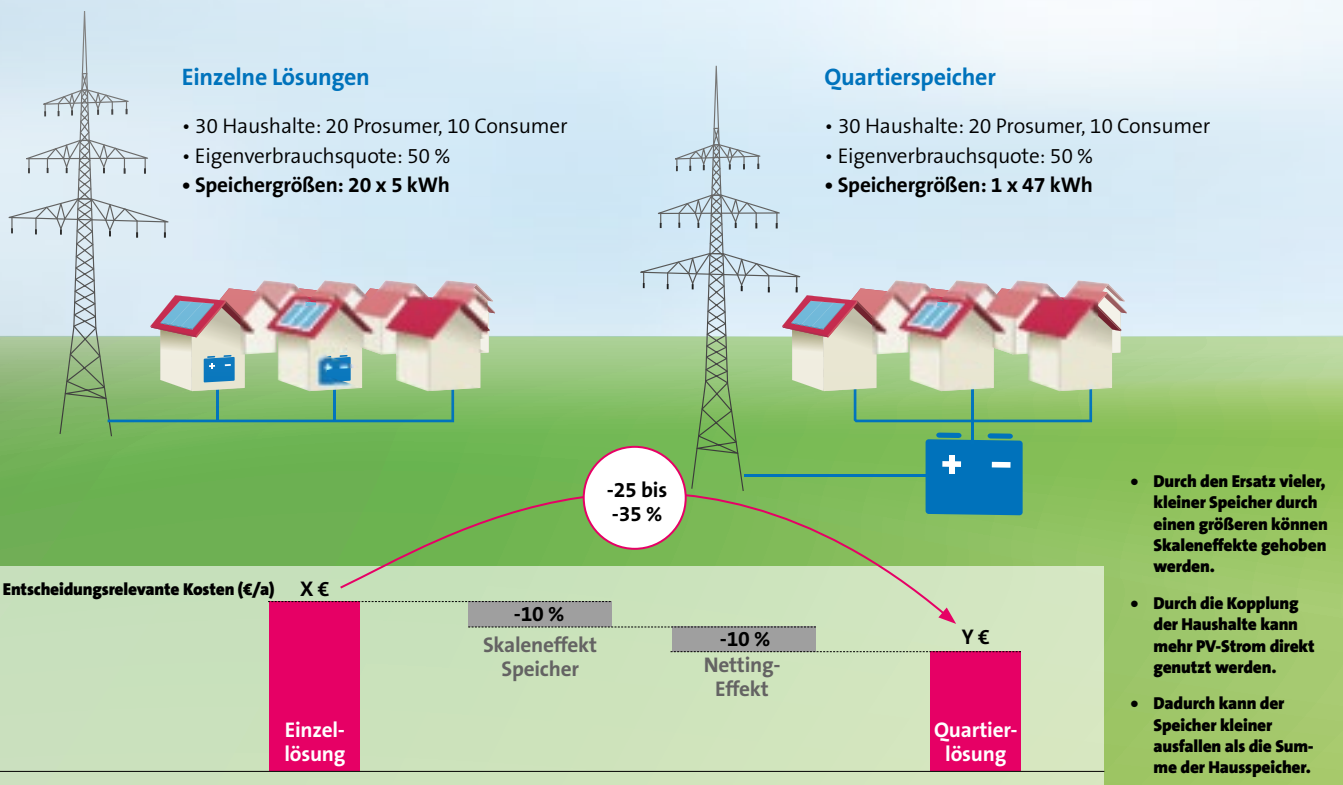
Während sich das Volumen und damit die Speicherkapazität eines Wärmespeichers über die Nutzungszeit nicht ändert, halten herkömmliche Akkumulatoren elektrische Energie zwar länger bereit und verlieren die Ladung erst im saisonalen Maßstab. Dafür reduziert sich über die Lebenszeit des kurz „Akku“ genannten Speichers dessen Kapazität.

In Wohn- und Geschäftsimmobiliën kommen bevorzugt chemische Energiespeicher zum Einsatz. Diese allgemein als Batteriespeicher bezeichneten Akkumulatoren zeichnen sich insbesondere durch eine relativ hohe Energiedichte, geringe Verluste bei der Ent- und Beladung mit Energie und eine wachsende Marktverfügbarkeit aus.

Derzeit sind Lithium-Ionen-Akkus und Bleisäure-Akkus die Systeme mit der größten Verbreitung. Bei Neuinstallationen liegt der Marktanteil von Lithium-Ionen-Akkus bei über 90 %.

Die Lebensdauer eines Batteriespeichers ist abhängig von dessen Aufstellbedingungen, der Betriebsführung (z. B. Teilentladung) und der Anzahl der Lade- und Entladevorgänge (Zyklen). Neuere Entwicklungen nutzen auch Lithium-Metall-Akkus mit Mangan an der Kathode oder die komplett aus ungiftigen Materialien aufgebauten Dual-Carbon-Akkus.

Die netzgekoppelten PV-Batteriespeichersysteme zur Eigenbedarfsoptimierung sind der wichtigste Anwendungsfall für Stromspeicher in Quartieren. Für die wirtschaftliche Entscheidung zum Einsatz eines Batteriespeichers ist der Preis des aus ihm entnommenen PV-Stroms im Vergleich zum Strompreis aus dem Versorgungsnetz entscheidend. Die Anschaffungskosten für den Stromspeicher sind dabei das entscheidende Kostenelement. Die Speicherkosten liegen derzeit bei ca. 700 €/kWh (2020). Bis 2025 wird eine Kostenreduktion bis zu 30 % erwartet.



Erneuerbare Gase als Energiespeicher

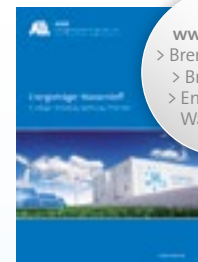
Im Zuge der Energiewende kommt der Speicherung von elektrischer Energie eine entscheidende Bedeutung zu. Unter den vielen verschiedenen Konzepten gibt es bisher noch keinen Akku, der an die Kapazitäten und die Flexibilität des Gasnetzes mit den integrierten Großspeichern heranreicht.

Die Gasspeicherung ermöglicht die langfristige, saisonübergreifende Einlagerung von Energie. Durch die in Power-to-Gas-Anlagen stattfindende Elektrolyse und ggf. angeschlossene Methanisierung wird erneuerbare Energie aus Wind oder Sonne sowie überschüssige Energie gasförmig gespeichert. Gasnetze ermöglichen den Transfer von Energie innerhalb von Quartieren und Siedlungsgebieten, aber auch überregional und international zur Nutzung regional unterschiedlich stark verfügbarer Energiequellen.

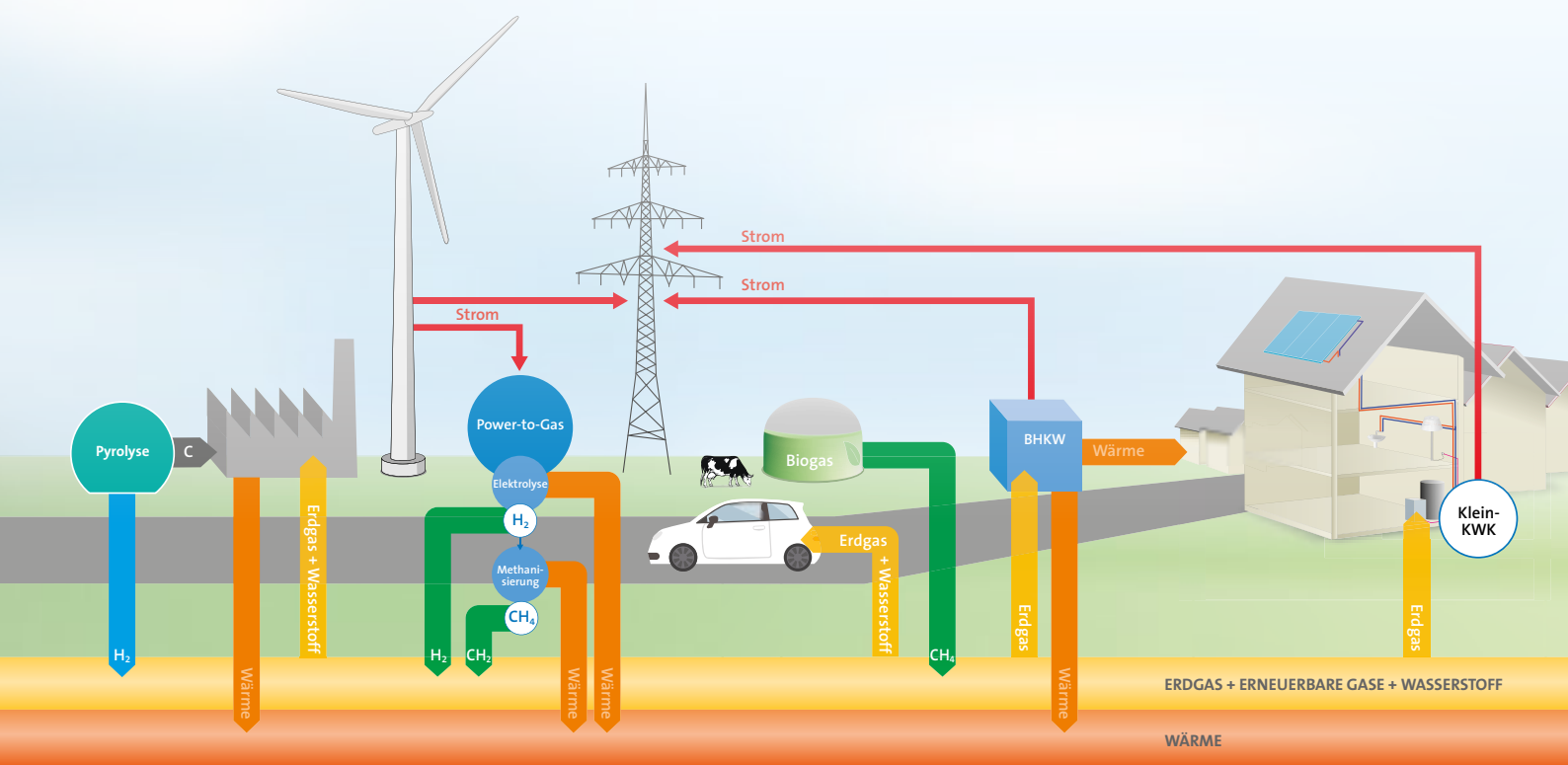
Stand Q2/2020 sind sog.

- Grauer Wasserstoff für ca. 10 €/kg (ca. 30 Ct/kWh),
- Grüner Wasserstoff für ca. 15 €/kg (ca. 45 Ct/kWh) und
- Biomethan für ca. 7 Ct/kWh am Markt verfügbar.

Der mittels Elektrolyse erzeugte Wasserstoff kann wie Erdgas in Druckgasbehältern gespeichert und die dabei entstehende Wärme im Quartier genutzt werden. In seinen Eigenschaften unterscheidet sich Wasserstoff etwas von Erdgas. Die volumetrische Energiedichte beträgt mit 3,0 kWh/Nm³ nur ca. ein Drittel des Wertes von Methan (9,97 kWh/Nm³). Dagegen ist die massenbezogene Energiedichte mehr als doppelt so groß im Vergleich zu Erdgas (33,3 zu 13,9 kWh/kg).



www.asue.de
 > Brennstoffzellen
 > Energieträger
 > Wasserstoff



Die Verknüpfung mehrerer Verbraucher ermöglicht eine nachhaltigere Energieversorgung sowie reduzierte CO₂-Emissionen, als mit dem Betrieb von Einzelanlagen pro Wohneinheit häufig möglich ist. Weiterhin kann im gemeinschaftlichen Betrieb die Versorgungssicherheit unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte verbessert werden. Die effiziente Einbindung erneuerbarer Energien ist in modernen Wärmenetzen vielfach zu geringeren Kosten möglich, als es bei individuellen Lösungen der Fall wäre.

Der Wärmebedarf sinkt insbesondere in Quartieren und Siedlungsgebieten aufgrund von Neubau und Sanierungsmaßnahmen seitens der Verbraucher aktuell um etwa 1 % pro Jahr. Gleichzeitig bieten sich durch geänderte Temperaturprofile komplexe Optimierungspotenziale, die in der Lage sind, modernste Technologien und verschiedene Ressourcen von Energie zu verknüpfen. Landläufig werden Wärmenetze nach ihrem Exergiegehalt grob in High-Ex (Hohes Temperaturniveau, Dampf, Druckwasser, Heißwasser) und Low-Ex (Niedriges Temperaturniveau, flüssig) unterteilt.

Der Primärenergiefaktor von Wärmenetzen

Wärmenetze werden hinsichtlich ihrer primärenergetischen Effizienz bewertet, was durch einen sog. Primärenergiefaktor PEF ausgedrückt wird. Für die Berechnung werden Energierohstoffe wie Gas, Strom oder Biomasse mit Faktoren belegt, die in das Netz, in das sie gemeinsam einspeisen, einberechnet werden.

Je geringer der PEF eines Wärmenetzes, umso besser sind seine klimaschonenden Eigenschaften. Dies gilt folglich auch für die einzelnen, über das Wärmenetz versorgten Gebäude. Vereinfacht gesagt, müssen städtische Altbauten weniger gedämmt werden, wenn sie z. B. über ein ausschließlich biomassebasiertes Wärmenetz mit einem PEF von 0,2 versorgt werden. Nach dem gleichen Prinzip werden bezogener Strom (PEF = 1,8), Erdgas (PEF = 1,1), Biomethan (PEF = 0,5 bis 0,7) und Biogas (PEF = 0,3; in räumlichem Zusammenhang) einbezogen. Dagegen werden industrielle Abwärme sowie Wärme aus Solarthermie, Holz und anderer Biomasse mit PEF = 0,0 bewertet. Der beim Betrieb des Wärmenetzes in KWK-Anlagen erzeugte Strom wird in der Primärenergiebilanz mit einem Faktor von 2,8 gutgeschrieben. In der Gesamtbetrachtung ergibt sich aus allen in ein Netz einspeisenden Wärmequellen ein gemeinsamer Netz-PEF, der aber nicht kleiner als 0,2 sein kann.



Kalte Nahwärme

Kalte Wärmenetze transportieren Energie auf niedrigem Temperaturniveau, je nach Wärmequelle bei etwa 5 bis 20 °C. Dank dieses niedrigen Niveaus kann Energie aus verschiedensten Umwelt- und Abwärmequellen je nach lokaler Verfügbarkeit bei geringer Temperatur aufgenommen und dezentral andernorts wieder entzogen werden. Kalte Wärmenetze übertragen somit erneuerbare Wärme und können vor allem in Verbindung mit Wärmepumpen erheblich zur Dekarbonisierung der Wärme- und Kälteversorgung beitragen. Im Verbund mit Erdsonden oder Grundwasserbrunnen dient das System zudem als großer Saisonspeicher ohne aufwendige Dämmung des Leitungssystems. Überschüssige Wärme im Sommer steht so im Winter zur Verfügung.

Typische Wärmequellen für kalte Nahwärmenetze sind:

- Erdwärme (Sonden, oberflächennahe Kollektoren)
- Grundwasser (Brunnen)
- Oberflächengewässer (Uferfiltrat)
- Solarstrahlung (Solarthermiekollektoren)
- Abluft (Wärmetauscher im Abluftkanal)
- Abwasser (Wärmetauscher in Abwasserleitung)
- Passive Gebäudekühlung (Kühldecke)
- Abwärme (Rückkühler, Fertigungsprozesse)

Für kalte Wärmenetze wird meist ein Zweileiternetz verwendet. Der Vorlauf hat beim Heizbetrieb eine höhere Temperatur als der Rücklauf. Voraussetzung für kalte Wärmenetze ist der Betrieb einer Wärmepumpe in jedem Haus, um die Quellwärme aus dem Netz auf die Nutztemperatur zu bringen. Im Gegensatz zu einer klassischen leitungsgebundenen Wärmeversorgung mit hohen Temperaturen und ausgeführt als Strahlennetz ist keine Isolierung der Leitungen notwendig. Eine geringere Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf macht allerdings unter Umständen größere Volumenströme erforderlich, was den Strombedarf der Pumpen erhöht. Es gibt jedoch nur sehr geringe Verteilverluste, da sich die Fluidtemperatur nahe der Umgebungstemperatur befindet.

Darüber hinaus ist über das Netz eine direkte Kühlung, d. h. ohne den expliziten Einsatz von Kältemaschinen, mit kalten Nahwärmenetzen nahezu klimaneutral möglich.

Als Maschennetz ist eine gleichberechtigte Querversorgung innerhalb des Netzes möglich. Dieses führt zwar zu mehr verlegten Rohren, aber auch zu einer erhöhten Versorgungssicherheit, reduzierten Rohrquerschnitten, einer einfachen Erweiterbarkeit und somit einem etappenweisen Ausbau mit verringerter Vorabinvestition (zellulare Quartiersentwicklung).

In Kombination mit einem Arealstromnetz kann ein kaltes Wärmenetz eine Umweltenergieplattform darstellen. Mithilfe einer intelligenten Regelung (zentral oder Peer-to-Peer, z. B. auf Basis von Blockchain) werden grundstücksübergreifend Synergien geschaffen, die Umweltenergie wird optimal genutzt und erst nachrangig gespeichert, wodurch sich auch die Investitionskosten für Speicher verringern lassen.



Kältenetze

Der Transport von Kälte bei Temperaturen unter 5 °C ist im Quartiersmaßstab unüblich. Die im Wohn- oder Kleingewerbebereich meistens zu erwartenden Temperaturanforderungen rechtfertigen nicht den hohen Aufwand für Bereitstellung, Isolierung und Transport von möglicherweise mit Frostschutzmitteln versetztem Wasser. Einzige Ausnahme können möglicherweise Kälteprozesse in Industrie, Krankenhäusern und Lebensmittelhandel sein, die sich verknüpfen ließen. In diesem Fall kann auch die Abwärme der Kälteanlagen in ein Wärmenetz eingespeist werden.

Konventionelle Wärmenetze

Liegt die Netztemperatur über etwa 50 °C, kann die Wärme teilweise direkt und ohne weitere Wärmepumpen- und Heizungstechnik genutzt werden. Die tatsächliche Netztemperatur muss sich im spezifischen Einzelfall am höchsten, erforderlichen Temperaturniveau eines Abnehmers orientieren. Zusätzlich muss das Netz kurzzeitig auf eine Temperatur > 60 °C aufgeheizt werden können, um Legionellen vorzubeugen.

Für die energetische Optimierung eines warmen Netzes gilt es, die Vorlauftemperatur so niedrig wie möglich zu wählen, um Transmissionsverluste soweit wie möglich zu reduzieren. Hierbei helfen z. B. ein guter baulicher Zustand des Quartieres oder die präzise Kennt-

nis der Verbrauchsprofile von gewerblichen Immobilien. Denn ein Wärmenetz muss so warm gefahren werden, dass es noch den letzten Kunden mit der nötigen Vorlauftemperatur erreicht. Im Zuge von Energie- und Wärmewende werden diesem Gedanken folgend viele noch vorhandene Dampfnetze auf niedriger temperierte Wassernetze umgestellt.

Die Einbindung von erneuerbaren Energien wird schwieriger, je höher die Netztemperaturen gewählt sind. Hier kann über eine jahreszeitliche Anpassung der Netztemperatur nachgedacht werden, die zum Beispiel im Sommer die Nutzung solarer Wärme ermöglicht und im Winter auch den verbrauchsintensivsten Anschlussnehmer sicher versorgt.



Mehrleitertechnik

Bei der Wärmeversorgung von Quartieren ist die Frage der Leitungsführung, aber auch die Anzahl der Leitungen zu bedenken. Ob ein Zwei- oder ein Dreileitersystem eingesetzt werden soll, ist neben der Wärmeverteilung in den Räumen auch von der Wärmeerzeugung abhängig.

Wird eine gasbasierte Lösung aus Brennwertkessel und Blockheizkraftwerk eingesetzt, scheint ein Zweileitersystem sinnvoll zu sein. Besteht die Wärmeerzeugung aus einem Blockheizkraftwerk und einer Stromwärmepumpe, könnte ein Dreileitersystem die effizienteste Lösung darstellen. Dabei wird der Strom, der mit dem BHKW erzeugt wird, vornehmlich für den Betrieb der Wärmepumpe eingesetzt. Die Wärmepumpe versorgt dann die Heizflächen in den Gebäuden mit Niedertemperaturwärme (z. B. Fußbodenheizungen). Die Wärme mit hoher Temperatur, die beim Kühlen des Motors und aus dem Abgas des BHKWs stammt, kann zur Erzeugung des Trinkwarmwassers eingesetzt werden.

So ein Dreileitersystem hat somit zwei Heizungsvorläufe, einen mit niedriger und einen mit höherer Temperatur und eine gemeinsame Rücklaufleitung.



Trinkwassererwärmung

Eine moderne Trinkwarmwasserbereitung ist ein wichtiger Bestandteil eines jeden Quartierskonzeptes. Die Aufgabe bei der Realisierung liegt darin, eine energieeffiziente, aber auch leistungsstarke und vor allem hygienische Versorgung sicherzustellen. Grundlage für die Planung der Trinkwarmwasserbereitung ist dabei die Ermittlung der benötigten Wassermenge.

Waren vor einigen Jahren noch wassersparende Duschen gefragt, so gibt es heute wieder einen Trend mit deutlich höherem Komfort beim Duschen durch Duschpaneelen, Regenduschen und Massagedüsen. Diese Entwicklung steht der Aufgabe des Energie- und Wassersparens entgegen.

Legionellenschutz

Warmes Trinkwasser birgt hygienische Risiken. Gerade bei den für uns angenehmen Temperaturen um 35–40 °C können sich Keime hervorragend entwickeln. Wird warmes Wasser längere Zeit bei diesen Temperaturen gespeichert, kann es bei Anwesenheit von Nährstoffen zu einer explosionsartigen Keimvermehrung kommen. Für den Nutzer besteht dann die Gefahr einer Infektion.

Als besonders unberechenbar ist die Bakterienart *Legionella pneumophila* (Legionellen) einzustufen. Legionellen kommen praktisch weltweit in allen wässrigen Systemen vor. In unseren Trinkwassersystemen kann etwa von einer Vorbelastung von 1 KBE/Liter (KBE = koloniebildende Einheit, vermehrungsfähige Keime) ausgegangen werden. Dies ist eine sehr geringe und ungefährliche

Menge. Solange das Wasser nicht wärmer als 20 °C ist, wird auch keine nennenswerte Vermehrung stattfinden. Bei einer Konzentration ab etwa 1.000 KBE/Liter (= 1 KBE/ml) ist in Trinkwassersystemen erhöhte Aufmerksamkeit geboten und es besteht ggf. Handlungsbedarf.

Legionellen vermehren sich zwischen 25 °C und 55 °C, darunter und darüber sind sie im Wachstum gehemmt. Neueste Untersuchungen zeigen allerdings, dass sich Legionellen über mehrere Generationen hinweg an höhere Temperaturen anpassen. So liegt die optimale Population in diesen Untersuchungen bei rund 44 °C. Ab etwa 60 °C beginnt die Abtötung. Diese Temperatur ist daher als Untergrenze der Trinkwassererwärmung einzuhalten.



Konzepte zur Trinkwasserhygiene

Das Speichern von Trinkwarmwasser in größeren Behältern war früher die Lösung zur Versorgung der Leistungsspitzen auch in der Wohnungswirtschaft. Heute ist dies aus hygienischen Gründen nicht mehr zu empfehlen.

Eine sinnvolle Lösung ist der Einsatz eines kleineren Pufferspeichers, in dem das Heizwasser bevorratet wird. Aus diesem Pufferspeicher wird dann bei Wohnanlagen das Heizwasser über den Heizungsvorlauf zur jeweiligen Wohnungsstation transportiert und versorgt die Heizflächen. Jede Wohnungs-

station verfügt dann über ein integriertes Frischwassersystem, das nur bei Bedarf in einem Wärmeüberträger im direkten Durchfluss das Trinkwasser hygienisch sicher erwärmt, ohne es zu speichern. Durch die nur kurze Verweilzeit des Wassers bei warmen Temperaturen bis zur Nutzung wird eine Ausbreitung der Legionellen verhindert. Diese sog. Wohnungsstationen können ebenfalls bei Wärmenetzen in Quartieren an der Hausübergabestation eingesetzt werden.

Vorteil bei dieser Anwendung ist neben der Hygiene auch die Tatsache, dass kein Trinkwarmwasserzähler eingesetzt werden muss und auch die Trinkwasserzirkulationsleitung in der Regel entfallen kann.

Ein Referenzprojekt des Herstellers Varmeco am Limmatfeld-Tower in Zürich zeigt, dass ein Heizwasservorlauf von 57° C ausreichend ist, Trinkwarmwasser mit einer Temperatur von 52° C in ausreichender Menge zur Verfügung zu stellen .



9 Ziele innovativer Wärmenetze

Im Aufbau gemeinsamer Strukturen über mehrere Häuser entstehen durch größere BHKW-Anlagen und höhere Wirkungsgrade Synergieeffekte. Des Weiteren ermöglichen Netzstrukturen die gemeinsame Nutzung, z. B. von Geothermiebohrungen oder Wärmetauschern in Abwasserleitungen sowie von zentralen Eisspeichern oder Solaranlagen. Je nach verwendeten Technologien kann sogar die Speicherung von Sommerwärme für den Winter möglich sein. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ermöglichen innovative Wärmenetze kostengünstige und sozialverträgliche Versorgungsstrukturen, auch wenn die Anfangsinvestitionen zunächst über dezentralen Lösungsansätzen liegen. Wenn dann Systemverluste durch den Einsatz niedriger Netztemperaturen und hocheffizienter Energietechnik erfolgreich vermieden werden, wird ein maximaler Anteil von CO₂ und anderen Treibhausgasen eingespart.

Des Weiteren bieten gemeinsame Erzeugungs- und Speicherkapazitäten von Quartieren die Option, netzdienlich zu agieren und Stromspitzen zu glätten sowie zu Bedarfszeiten vermehrt einzuspeisen. Die Abstimmung der Laufzeiten mit den volatil verfügbaren erneuerbaren Energien kann so erfolgreich verlaufen.

Maximierung des Anteils Erneuerbarer Energien und Minimierung des Primärenergiefaktors

Grundsätzlich kann über den Kreisprozess einer Wärmepumpe erneuerbare Wärme bereitgestellt werden. Dieses hängt jedoch im Wesentlichen von der Temperaturspreizung ab. Steht also ein wärmerer Wasservorlauf zur Verfügung oder kann die Nutzwärme geringgehalten werden, kann sich der COP von z. B. 4 auf 5 oder 6 erhöhen, entsprechend der erneuerbare Anteil auf 80 bis 86 %. Andererseits ist der Antrieb der Wärmepumpen mit Strom weniger effizient, wird mit einem PEF von 1,8 bewertet und verdoppelt damit nahezu den nicht erneuerbaren Anteil. Der im Ergebnis erzielbare PEF liegt entsprechend zwischen 0,3 und 0,45.

Wärme aus Solarthermie kann zur Trinkwassererwärmung effizient eingesetzt werden und kann auch gespeichert werden. Sie ist die einzige Wärmeenergie, die ohne maschinelle Anhebung als Nutzwärme eingesetzt werden kann. Jedoch ist der Flächenbedarf sehr groß, die Speicher sind voluminös und über den Saisonausgleich verlustbehaftet. Grundsätzlich gehen die Wärmemengen mit einem PEF von 0,0 ein, die benötigte Hilfsenergie ist gering.

Eisspeicher sind Latentwärmespeicher auf niedrigem Temperaturniveau um den Gefrierpunkt von Wasser. Auch sie bedürfen einer Wärmepumpe zur Erzielung der Nutzwärme. In dieser Temperaturspreizung kann von einem COP von ca. 3,5 ausgegangen werden, der Einsatz von Strom begrenzt den PEF auf 0,51. Eisspeicher werden innerhalb des Winters mit Solarabsorbern regeneriert, außerhalb der Heizsaison dient Abwärme aus Kühlprozessen, Lüftungsanla-

gen oder BHKW-Betrieb dem Auftauen des Speichers. Letztere Wärmequellen gehen aber ebenfalls in die Energiebilanz mit ein.

Statt der elektrischen Wärmepumpen können auch gasmotorische Wärmepumpen, Gasabsorptionswärmepumpen oder KWK(K)-Anlagen eingesetzt werden. Gasmotorische Wärmepumpen erzielen einen COP von bis zu 1,6, Gasabsorptionswärmepumpen von bis zu 1,5. Unter der Berücksichtigung des PEF von Erdgas von 1,1 kann damit im Wärmenetz ein PEF von 0,69 bis 0,75 erreicht werden.

Wärmequellen aus Abwärme der Industrie oder Abwasser gehen stets mit 0,0 ein und sollten soweit wirtschaftlich und rechtlich möglich mit einbezogen werden.

Die Nutzung von Biogas, Biomethan und anderen erneuerbaren Gasen wird ebenfalls mit einem PEF von 0,3 (Biogas in ortsnaher Anwendung), 0,5 (Biomethan im BHKW) oder 0,7 (Biomethan in Brennwerttherme) bewertet. Daher sollte der Betrieb von BHKW, Brennstoffzellen und anderen KWK-Anlagen mit diesen Gasen geprüft werden, um den Anteil Erneuerbarer Energien im Wärmenetz zu maximieren. Durch die Gutschrift für den erzeugten Strom von 2,8 kann bei Betrieb einer KWK-Anlage ein PEF von 0,2 bis 0,5 erreicht werden.

Vermeidung von Stromspitzen

Der Einsatz von Wärmepumpen erzeugt im Winter hohe Stromspitzen durch die Gleichzeitigkeit des Wärmebedarfs in Privathaushalten. Dies gilt insbesondere, wenn alle Systeme an kalten Tagen an der Leistungsgrenze betrieben werden. Diese Stromspitzen werden durch den elektrischen Bedarf der E-Mobilität noch vermehrt werden und erfordern ein kostenträchtiges Nachrüsten der Stromnetzinfrastruktur und bergen das Risiko von Stromausfällen.

Innovative Quartiersversorgungskonzepte bieten in diesem Zusammenhang großes Potenzial zum Gegensteuern. Hochflexible KWK-Anlagen erzeugen Strom dezentral und je nach Bedarfssituation im Stromnetz, wodurch dieses maßgeblich gestützt werden kann. Bei verfügbarer Leistung kann sogar Strom in das übergelagerte Netz eingespeist werden. Zugleich wird die erzeugte Wärme genutzt. In der Regel werden wärmegeführte, stromoptimierte KWK-Anlagen zu gleichen Zeiten – also wenn Wärme benötigt wird – wie Wärmepumpen betrieben, was ebenfalls das Netz entlastet. Auch PV-Anlagen und KWK-Anlagen ergänzen einander. Tagsüber bei Sonnenschein werden die KWK-Anlagen zurückgefahren, nachts können sie dann wieder Strom und Wärme zur Verfügung stellen.

Durch den Einsatz von erneuerbaren Gasen kann diese Stromerzeugung zukünftig klimaneutral gestaltet werden.

Kostengünstige und sozialverträgliche Energieversorgung

Im Dreieck zwischen Klimaschutz, Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit spielt das Thema der Sozialverträglichkeit eine entscheidende Rolle. Bei der Schaffung bezahlbaren Wohnraums in größeren Wohnanlagen können durch die richtigen Planungsansätze nicht nur bei der Dämmung, sondern auch bei der Energieversorgung günstigere und energiesparende Lösungen gefunden werden.

Bereits bei einer KWK-Anlage können durch die gleichzeitige Strom- und Wärmeerzeugung und den direkten Stromabsatz innerhalb des Quartiers an die Bewohner oder sonstigen Verbraucher nicht nur eine hohe Effizienz, sondern auch ein günstiger Wärme- und Strompreis erreicht werden. Je größer die KWK-Anlage und das versorgte Gebiet, desto größer ist in der Regel ihr elektrischer Wirkungsgrad. Des Weiteren ermöglicht die Versorgung der Bewohner mit Mieterstrom aus KWK-Anlagen eine Reduzierung der Mietnebenkosten.

Biomethan ist zurzeit eine vergleichsweise günstige Option, weil es ohne weitere Umstellung der Heizungstechnik zur Senkung der CO₂-Emissionen eingesetzt werden kann. Jedoch erhöhen sich die Brennstoffkosten eines durchschnittlichen Haushaltes bei 15.000 kWh/a um 500 – 700 €/a gegenüber normaler Erdgasversorgung, welches über 10 Jahre einer Investition zwischen 5.000 und 7.000 € für einen anderen, erneuerbaren Wärmeerzeuger entspräche.

Beim Neubau eines Hauses wird der Einsatz von Biomethan als Option im Sinne des neuen Gebäudeenergiegesetzes (GEG) auch für den Einsatz in KWK-Anlagen und Gasbrennwertthermen berücksichtigt und mit einem günstigen Primärenergiefaktor bewertet. Auch für die Quartiersversorgung mit einer KWK-Anlage, die nach FW 309-1 berechnet wird, steht diese Option offen. Auf diese Weise kann durch den Bau eines BHKWs zu oben genannten Mehrkosten gegenüber Erdgas eine klimaneutrale Strom- und Wärmeerzeugung aufgebaut werden, die sogar über das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert wird. Die Nutzung von industrieller Abwärme oder aus kommunalen Abwässern kann zusätzlich günstige Wärmequellen erschließen.

Ebenfalls hat sich in Vergleichsrechnungen die Kombination von „kalter Nahwärme“ mit Geothermie und Gaswärmepumpen als günstige Wärmeerzeugungsoption erwiesen.

Die Möglichkeiten moderner Sensor- und Automatisierungstechnik werden in der Haustechnik sowohl im Einfamilienhaus wie auch im Quartiersmaßstab bislang nur unzureichend eingesetzt. Auch sog. „Smarte Häuser“ beschränken sich eher auf intelligente Beleuchtungskonzepte und vorausschauende Einstellung behaglicher Klimabedingungen, als auf die energieeffiziente Bereitstellung und Nutzung von Strom, Wärme und Kälte. Dabei bietet sich unter vollständiger Kenntnis der relevanten Zustandsgrößen im gesamten Netz inklusive Letztverbraucher ein großes Potenzial zur Optimierung von Verbrauch und Kosten.

Messpunkte eines Quartiers

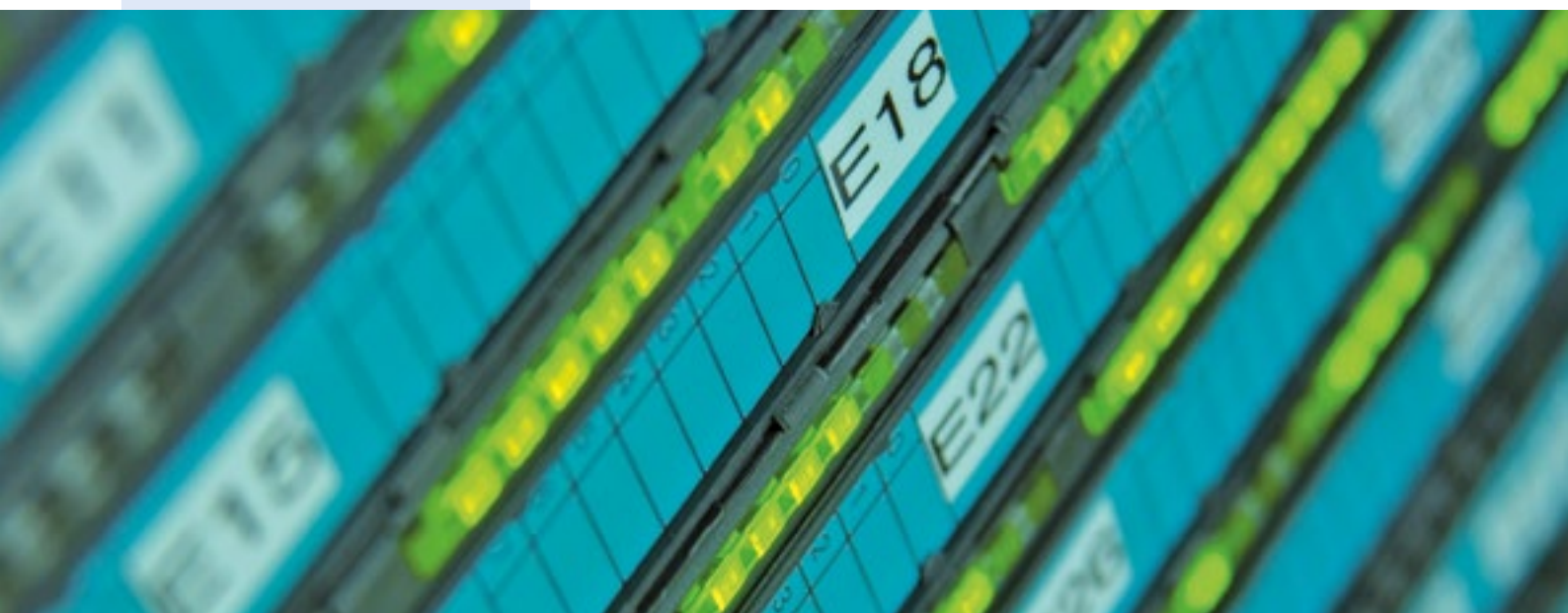
Mit der Größe eines Quartiers steigen die Verbräuche und die Arten der verbrauchten Medien an. Während im Einfamilienhaus meist mit einfachen Messungen von Kaltwasser, Abwasser, Strom und Gas alle denkbaren Anwendungen abgedeckt werden, haben Einkaufs- und Dienstleistungseinrichtungen sowie Gewerbebetriebe häufig andere Anforderungen. Diese äußern sich vor allem in Form von Wärme oder Kälte auf deutlich unterschiedlichen Temperaturniveaus. Somit kommt der optimierten Verschaltung der wärmetechnischen Energieströme in einem intelligenten Wärmenetz eine entscheidende Bedeutung zu.

Aus netztechnischer Sicht ist die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf die bestimmende Regelgröße und zugleich der wichtigste Faktor für die Netzauslegung und einen sparsamen Pumpenbetrieb. Weil der Zugriff auf interne Messwerte an den Übergabestationen von Gebäuden und Betrieben bisher nicht stattfand, installierten Netzbetrei-

ber meist nur wenige Temperatur- und Durchflusssensoren an ihren eigenen Einspeise- und Übergabepunkten, um das Netz erfolgreich stabil zu halten.

Heute ermöglichen selbstlernende Steuerungen, das Nutzerverhalten zu prognostizieren sowie Wetterprognosen heranzuziehen, um durch prädiktive Lastkurven der Trägheit des Netzverhaltens entgegenzuwirken.

Mit der detaillierten Kenntnis der Anforderungsprofile möglichst vieler Netzanschlüsse inklusive der Rückspeisung von Energie lässt sich die Effizienz von Wärme- und Stromnetzen massiv erhöhen. In Wärmenetzen sollten also z. B. neben den oben genannten Größen zusätzlich mindestens auch die Vor- und Rücklauftemperaturen und die entsprechenden Volumenströme aller Netzteilnehmer gemessen sowie wechselnde Strömungsrichtungen ermöglicht werden.



Anforderungen an die Prozesssteuerung

Die Ausfallsicherheit ist die zentrale Anforderung an die Prozesssteuerung. Hocheffiziente Netze mit hohem Anteil erneuerbarer Energien werden auch dann verbraucherseitig nur akzeptiert, wenn Wärme, Kälte und Strom redundant abgesichert sind. Im industriellen Anlagenbau werden entsprechende, besonders abgesicherte Konzepte seit vielen Jahrzehnten erfolgreich umgesetzt und können daher als Blaupause dienen.

Für den Schadensfall einer Anlage wird nach diesem Prinzip eine weitere Kapazität bereitgehalten, die die Funktion komplett übernehmen kann. Eine Sicherheitsbetrachtung liefert in so einem Fall Art und Anzahl der Redundanzen. In der vernetzten Installation mehrerer Energieerzeuger kann diesem Ansatz sehr leicht Rechnung getragen werden.

Wegen der Anforderungen an Datenschutz und Ausfallsicherheit ist eine angemessene Verschlüsselung zu benutzen. Gleichzeitig empfiehlt es sich, Hierarchieebenen oder separate Datennetze einzubeziehen, die z. B. die in Eigentümerverantwortung stehende Raumtemperierung von den systemrelevanten Funktionen der Versorgungsleitungen trennen. Erst dann erhält der Netzbetreiber die Möglichkeit, die gesammelten Daten mit modernen Methoden des Data Mining und intelligenten Algorithmen nach Optimierungsansätzen abzusuchen.

Im Ergebnis der komplexen Sensorinstallation und der damit einhergehenden Datensammlung kann ein optimales Versorgungsnetz entwickelt werden. Verbräuche von einzelnen Netzteilnehmern werden mit Überkapazitäten von anderen Netzteilnehmern gekoppelt, Energieerzeuger immer in ihrem optimalen Wirkungsgrad betrieben und die Letztverbraucher werden immer über den aktuellen Versorgungsstatus informiert.



Der Begriff Mieterstrom umfasst elektrische Energie, die in dezentralen Stromerzeugungsanlagen (KWK, PV) direkt vor Ort erzeugt und ohne Netzdurchleitung von Mietern/Wohnungseigentümern oder in gewerblich genutzten Mehrparteienobjekten überwiegend verbraucht wird. Bei Mieterstrom handelt es sich i. d. R. um eine Mischung aus lokal erzeugtem Strom und einer Stromlieferung aus dem öffentlichen Verteilnetz.

Rechtliche Einordnung

Anders als beim Strombezug aus dem Netz fallen beim Mieterstrom einige Kostenbestandteile wie Netzentgelte, netzseitige Umlagen, Stromsteuer und Konzessionsabgaben weg, wenn die Stromlieferung innerhalb einer Kundenanlage erfolgt. Zusätzlich wird eine Förderung für jede Kilowattstunde Mieterstrom gewährt – der sogenannte Mieterstromzuschlag. Damit sollen zusätzliche Anreize für den Ausbau von Solaranlagen auf Wohngebäuden geschaffen und dabei auch die Mieter bzw. die Bewohner des Hauses wirtschaftlich beteiligt werden.

Die Förderung von Mieterstrommodellen erfolgt für PV-Anlagen über das Gesetz zur Förderung von Mieterstrom innerhalb des EEG sowie für KWK-Anlagen über das KWK-Gesetz.

Die wesentlichen Inhalte der Förderung für PV-Anlagen sind die Begrenzung der Mieterstromförderung auf Wohngebäude und die Voraussetzung des Stromverbrauchs in räumlicher Nähe zur Anlage ohne Netzdurchleitung. Weiterhin beträgt die Preisobergrenze des förderfähigen Mieterstroms max. 90 % des geltenden Grundversorgungstarifs bei 100 % EEG-Umlagepflicht.

Im Rahmen des KWK-Gesetzes werden Mieterstrommodelle mit KWK-Anlagen wie andere KWK-Anlagen auch über KWK-Zuschläge für erzeugte Strommengen gefördert. Die Höhe des KWK-Zuschlags für an Dritte (Mieter/Eigentümer etc.) gelieferte Strommengen liegt gleich

hoch wie die Zuschläge für Eigenverbrauch. Allerdings muss bei Lieferung an Dritte im Gegensatz zum Eigenverbrauch 100 % EEG-Umlage abgeführt werden. Bis 100 kW elektrischer Leistung erhalten KWK-Anlagen in Mieterstrommodellen außerdem auch KWK-Zuschläge für die überschüssigen, eingespeisten Strommengen.

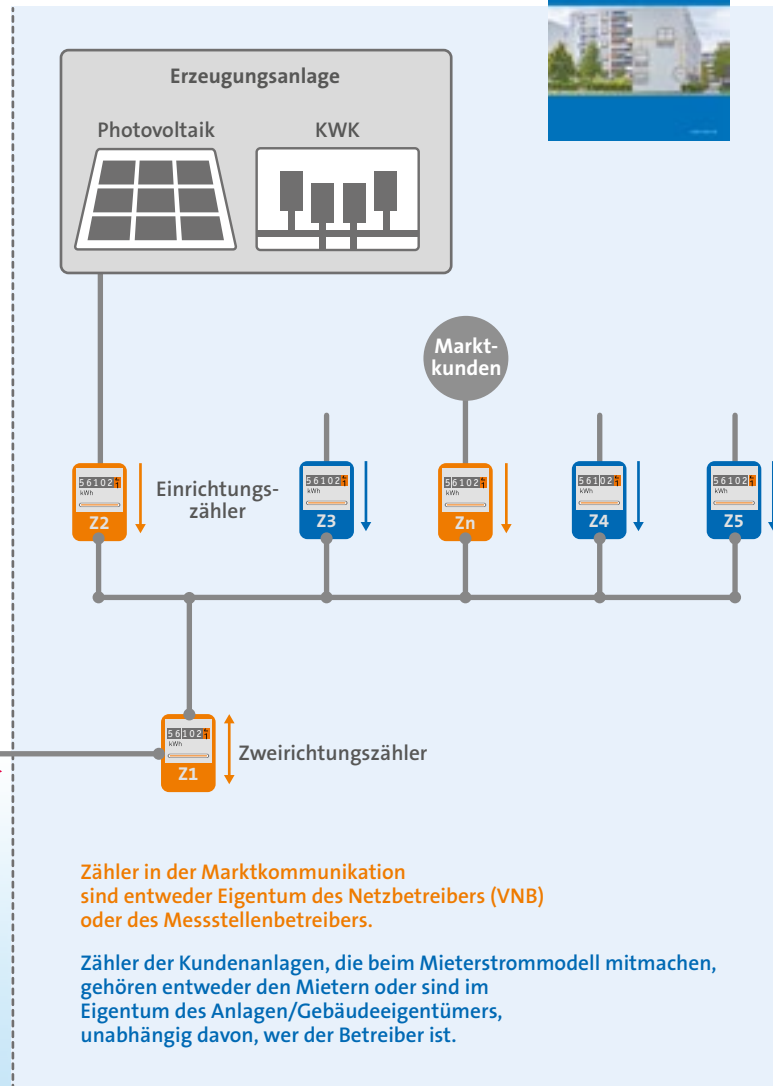
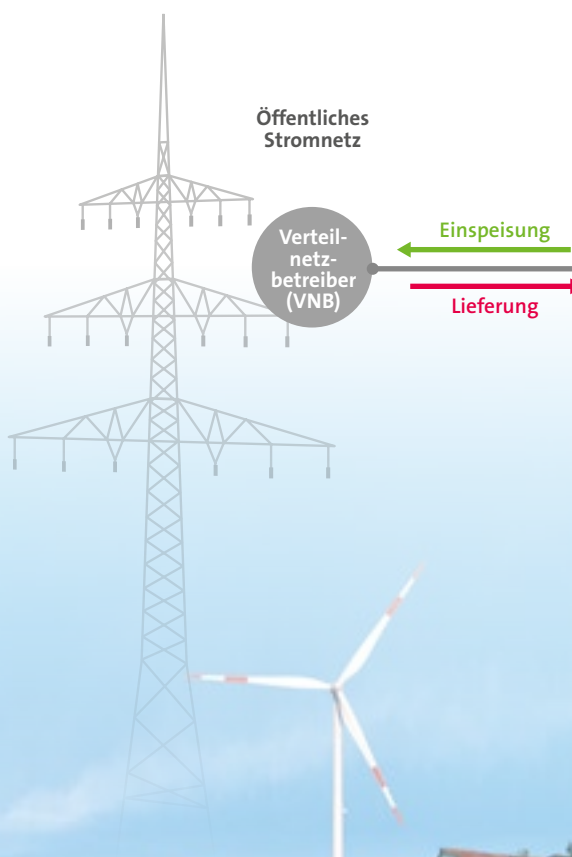
Weitere rechtliche Rahmenbedingungen sind innerhalb des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) geregelt. Hier wird insbesondere die „Kundenanlage“ definiert, die auf eine bestimmte Größe (räumlicher Zusammenhang, Anzahl Letztverbraucher, Gesamtenergiemengen) begrenzt ist. Außerdem gilt für die Stromlieferung in Kundenanlagen eine Befreiung von der Anzeigenpflicht als Energieversorgungsunternehmen bei der Bundesnetzagentur.

Für Immobilienunternehmen muss ferner beachtet werden, dass die erweiterte Gewerbesteuerkürzung bei Betrieb von Mieterstrommodellen entfällt, wenn Einnahmen außerhalb des Vermietungsgeschäfts anfallen. Daher muss § 9 des GewStG beachtet, zur Nutzung möglicherweise ein Tochterunternehmen (personelle und sachliche Entflechtung der Tochtergesellschaft muss sichergestellt sein) für den Betrieb von Mieterstrommodellen gegründet oder ein Contracting-Unternehmen in Anspruch genommen werden.

Versorgungskonzepte

Ein passendes Messkonzept ist von elementarer Bedeutung für die Abrechnung von Mieterstrommodellen. Nur wenn hier die passenden Voraussetzungen vorliegen, kann eine klare Trennung der Verbräuche gewährleistet werden. In der Abbildung ist ein beispielhaftes Mess- und Abrechnungskonzept dargestellt.

www.asue.de
 > Blockheizkraftwerke
 > Broschüren
 > Mieterstrom mit KWK
 als Schlüssel zur
 Wärmewende



Ladestationen im öffentlichen und privaten Raum

Mit der wachsenden Anzahl von Elektroautos rückt auch zunehmend die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur in den Vordergrund. Dabei kann die Bereitstellung im öffentlichen, halb-öffentlichen und privaten Raum erfolgen. Insbesondere bei Ladestationen, deren Ladevorgänge abgerechnet werden sollen, sind einige Besonderheiten zu beachten.

Seit dem 1.4.2019 muss die öffentliche Ladeinfrastruktur den strengen Anforderungen des Eichrechts entsprechen. Die Grundprinzipien des Mess- u. Eichrechts sind Nachvollziehbarkeit und Messwertrichtigkeit. Des Weiteren müssen der dauerhafte Nachweis der Messergebnisse sowie die Speicherung der Messwerte für drei Jahre gewährleistet sein.

Weiterhin ist es notwendig, dass die Ladesäule eine Sichtanzeige zur Anzeige des Messergebnisses hat bzw. ein Papierauszugsdrucker oder die Anzeige auf einem

dritten Gerät (z. B. Smartphone) gewährleistet ist. Zusätzlich müssen die Daten im Messgerät dauerhaft (3 Jahre) gespeichert werden. Installierte Ladesäulen im öffentlichen Raum benötigen eine Konformitätsbewertung, die durch die Landeseichbehörden bzw. deren untergeordnete Stellen erteilt werden.



Bei größeren Energiemengen können sich spezielle Tarife der Energielieferanten lohnen. Unterbrechbare oder abschaltbare Ladestellen, die über einen separaten Zählpunkt verfügen, bieten dadurch eine Möglichkeit zur Einsparung von Energiekosten (siehe § 14a EnWG).

Diese Anforderungen wirken sich auch auf die angebotenen Tarife für die Ladeinfrastruktur aus. So genannte Session Fees, also Gebühren, die einmalig als Fixpreis erhoben werden, sowie Tarife nach Standzeit, können nicht mehr an Ladesäulen angeboten werden.

Wegen des über den normalen Haushaltsstrom hinausgehenden Strombedarfs sollte bei der Quartiersentwicklung rechtzeitig der Strom-Verteilnetzbetreiber in die Planung mit einbezogen werden. Verfügbar sind auch Lademanagement-Systeme, die bei einer hohen Belegung der Ladepunkte den Ladestrom herabsetzen, um möglichst viele Fahrzeuge zugleich bedienen zu können. Dabei kann die Netzbelastung des Wohnquartiers mit einbezogen werden und es können in den Nachtstunden mehr Autos schneller geladen werden.

Unterschieden wird zwischen Normalladepunkten (< 22 kW) und Schnellladepunkten (> 22 kW).

Ladetechnologie und -leistung			
Ladetechnologie	Ladeleistung	Ladestrom	Netzanschluss der Ladeinfrastruktur
Wechselstrom einphasig	bis 3,7 kW	bis 16 Ampere	AC, 1-phasig, 230 V, 16 A
Wechselstrom dreiphasig	bis 43 kW	bis 63 Ampere	AC, 3-phasig, 400 V, 3 x 63 A
Gleichstrom (Gleichrichter im Ladepunkt verbaut)	bis 80 kW	bis 200 Ampere	AC, 1-phasig, 400 V, 3 x 125 A

Das sog. Combined Charging System unterstützt Ladeleistungen bis 350 kW, wobei derartige Leistungen zumeist dezidierte Netzanschlüsse in Mittelspannung (Ortsnetztransformatoren) benötigen.

12 Ideale Konzepte und besonders effektive Kombinationen

Die eine, optimale Lösung gibt es nicht. Die folgenden Beispiele sind Denkanstöße, die in puncto Energieeffizienz, CO₂-Vermeidung und Versorgungssicherheit Maßstäbe setzen.

Zweifach kaskadiertes Netz mit BHKW und EWP

Bei dieser wirtschaftlich recht interessanten Option werden zwei Versorgungsnetze angelegt. Für einen Teil der Bauten wird ein kaltes Nahwärmenetz geplant, für einen anderen Teil ein warmes Netz, welches seine Wärme aus einem BHKW bezieht. Die Vorlauftemperaturen zwischen 45 und 65 °C sind ausreichend, um Raumwärme und Trinkwarmwasser bei zeitgemäßen Dämmstandard zur Verfügung zu stellen. Üblicherweise werden mit dem warmen Netz die mehrgeschossigen Wohn- und Geschäftshäuser eines Quartiers mit hohem Wärmebedarf versorgt.

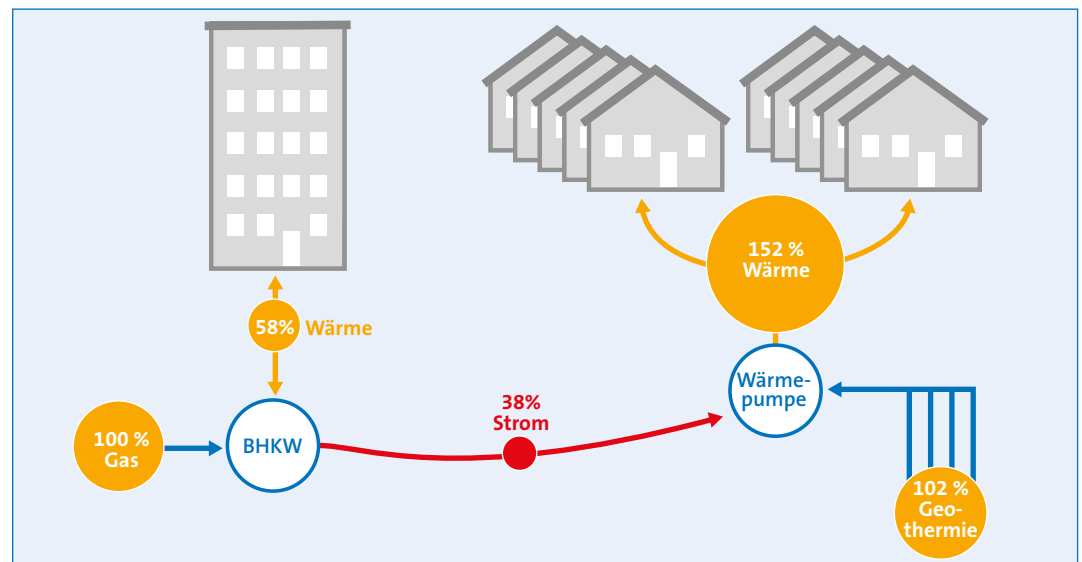
Der erzeugte Strom aus dem BHKW steht den Häusern entlang des kalten Netzes für den Betrieb von Elektrowärmepumpen, die jeweils den einzelnen Häusern zugeordnet sind, zur Verfügung. Für dieses Netz wird die Wärme aus Geothermie-Bohrungen bei Temperaturen zwischen 7 und 10 °C gewonnen. Wegen der geringen Wärmeverluste des kalten Netzes können auch Siedlungen mit größerem Hausabstand noch wirtschaftlich versorgt werden. Die jedem Haus zugeordneten elektrischen Wärmepumpen haben in einem entsprechenden Netz typischerweise einen Wirkungsgrad (COP) von 4 – 5, wodurch die Wärme aus dem Wärmenetz und aus dem kalten Nahwärmenetz im Verhältnis von 1 zu 3 steht.

BHKW und Wärmepumpen folgen grundsätzlich dem gleichen Bedarfszyklus. Durch einen Wärmespeicher können Lastspitzen geglättet und Laufzeiten verlängert werden. Bedarfsweise kann je nach Stromangebot Strom aus dem Netz bezogen oder eingespeist werden.

Die Wärmeversorgung über dieses Quartiersnetz schafft bei Betrachtung der Summe der Wärmeverbraucher eine Vergleichmäßigung mit einem Faktor von ca. 0,75 der kumulierten Heizlast, welches bei der Leistungsbemessung von BHKW und Geothermiebohrungen Einsparungen realisieren lässt.

Im Sommer besteht die Möglichkeit der Klimatisierung über den kalten Kreislauf und die Geothermiebohrungen, die ebenfalls auf das gesamte Quartier ausgedehnt werden kann. Die sommerliche Nutzung trägt zudem zur Regeneration der Geothermiebohrungen bei und nutzt das Erdreich als Saisonspeicher.

Die eingesetzte Energie zum Betrieb des BHKWs wird auf diese Weise zu mehr als 200 % in Wärme umgesetzt. Eine Gutschrift für den erzeugten Strom zur Ermittlung des Primärenergiefaktors erfolgt nicht, da der erzeugte Strom direkt den Wärmepumpen zugeführt wird.



BHKW mit Absorptionskältemaschine als Wärmepumpe

Eine weitere Möglichkeit, erneuerbare Energie in Quartiersnetzen zu nutzen, ist der Einsatz einer Absorptionskältemaschine in Verbindung mit einem BHKW. Das hohe Temperaturniveau von 90 °C aus dem BHKW dient als Antriebswärme für den Absorptionsprozess, deren Abwärme ausreichend für das Wärmenetz des Quartiers ist. Die Kälte kann in Wohngebäuden gehobenen Niveaus oder im Handel bzw. Gewerbe kostengünstig eingesetzt werden.

Gleichzeitig kann die Absorptionskältemaschine das Wärmenetz in Zeiten ohne Kältebedarf mit ihrem Kältekreislauf auf Basis von Geothermiebohrungen, Eisspeichern oder Solarabsorbern mit Wärme auf einem Temperaturniveau von 60 °C versorgen. Alternativ kann die Absorptionskältemaschine genutzt werden, um z. B. Geothermiebohrungen oder Eisspeicher zu regenerieren.

Der Strom aus dem BHKW kann innerhalb des Quartiers als Mieterstrom und für Ladesäulen der E-Mobilität verwandt werden oder ins Stromnetz eingespeist werden.

Es entstehen drei Produkte: Aus der eingesetzten Energie werden ca. 86 % in Wärme umgesetzt, zusätzlich kann Kälte bereitgestellt werden; der zu 38 % aus dem Prozess erzeugte Strom trägt zur Wirtschaftlichkeit des Verfahrens bei. Der Anteil an erneuerbarer Energie beträgt 65 %.

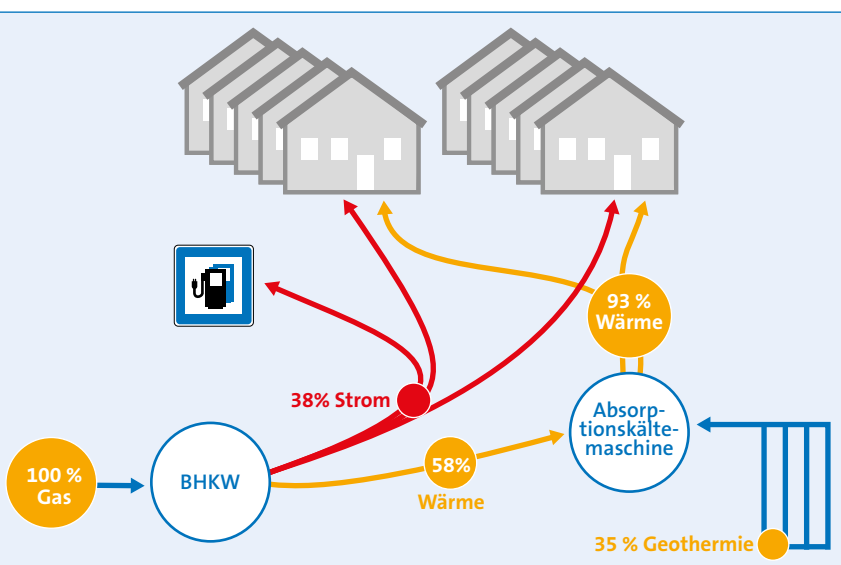
GWP und Geothermie

Eine wirtschaftliche und recht interessante Möglichkeit der Quartiersversorgung besteht im Betrieb eines Kaltwassernetzes, welches aus zentralen Geothermiebohrungen gespeist und ohne eine KWK-Anlage betrieben wird. Die Geothermiesonden werden nicht den einzelnen Hauseinheiten zugeordnet, sondern werden entlang des Kaltwassernetzes in optimalen Abständen bereits während der Erschließung des Quartiers gesetzt.

Mit Gaswärmepumpen, die das Kaltwassernetz als Quellwärme nutzen, werden die einzelnen Häuser mit Wärme und Warmwasser versorgt. Das nicht isolierte Zweileiternetz kann sukzessive erweitert werden und so dem weiteren Ausbau des Quartiers folgen. Durch die über die Fläche verteilten Geothermiesonden und die Nutzung der Quellwärme in den jeweiligen Gebäuden werden nur geringe Wasservolumina bewegt und es sind daher nur geringe Pumpenleistungen erforderlich. Die kleinen Pumpen können in die Gaswärmepumpen integriert werden.

Im Sommer kann das kalte Netz ohne großen Aufwand zur Klimatisierung genutzt und dadurch die Geothermiesonden regeneriert bzw. der Boden als Saisonspeicher genutzt werden.

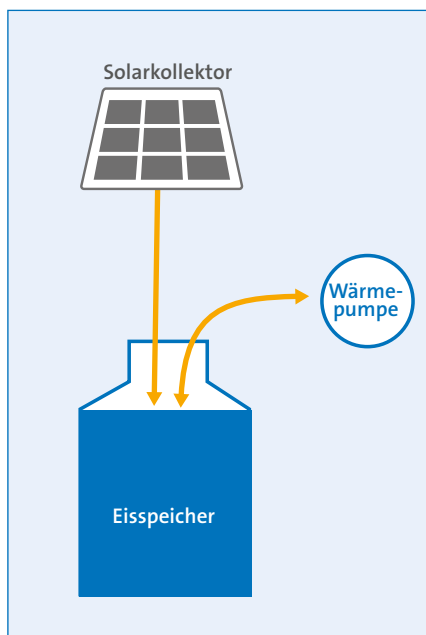
Auch diese Variante profitiert von der guten Vergleichmäßigung des Wärmebedarfs innerhalb des Quartiers und den geringen Investitionskosten.



Eisspeicher als Alternative zur Geothermie

Nicht überall ist es möglich Geothermiebohrungen abzuteufen. Als Quellwärme von Wärmepumpen (mit Gas oder elektrisch betrieben) können in diesem Fall Eisspeicher dienen. Eisspeicher speichern durch die Umwandlung von flüssigem Wasser in festes Eis Wärme, in dem sie im Sommer aufgetaut und im Winter wieder eingefroren werden. Ca. 8,5 m³ Wasservolumen im Eisspeicher können dabei eine Geothermiebohrung von 100 m Tiefe ersetzen.

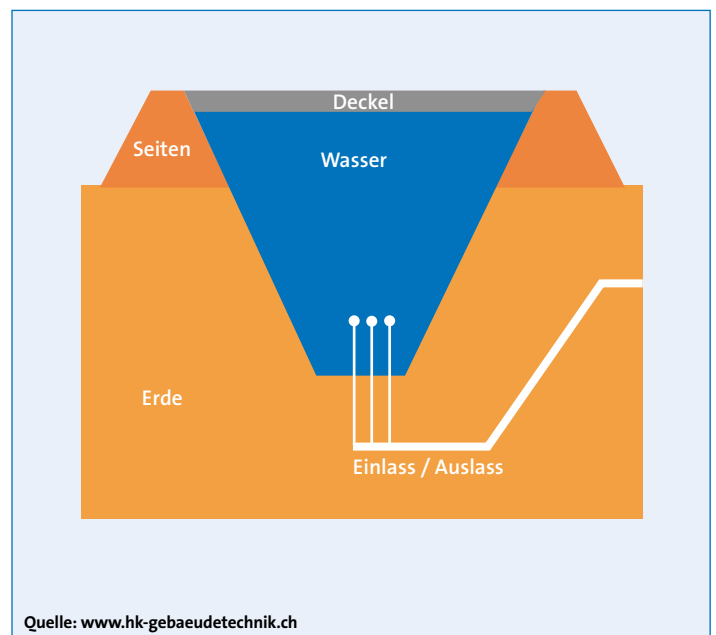
Durch Solarabsorber kann der Eisspeicher auch an sonnigen oder milden Wintertagen teilweise regeneriert werden. Die Herstellung der nutzbaren Wärme erfolgt über Wärmepumpen, deren Leistungszahl naturgemäß wegen der geringeren Quelltemperatur von 0 °C auf ein COP von ca. 4,0 sinkt. Auch hier ist die Nutzung zur Klimatisierung im Sommer möglich.



Solarthermie und Wärmespeicher

Üblicherweise verhalten sich Nutzungs- und Deckungsgrad bei Solarthermieanlagen auf Gebäuden gegenläufig: Größer dimensionierte Anlagen decken zwar mehr Wärmebedarf ab, führen aber aufgrund höherer Stillstandszeiten zu geringeren Nutzungsgraden. Ein Bedarfs- und kostenoptimaler Deckungsgrad beträgt ca. 50 – 70 % für Warmwasser und in etwa die Hälfte für Raumwärme. Wenn für systemüberschüssige Wärme die Möglichkeit zur saisonalen Speicherung oder Einspeisung ins externe Wärmenetz besteht, dann können größere Anlagen mit höheren Deckungsgraden durchaus sinnvoll sein. Konträr steht ein höherer Flächenbedarf für Speicher und Module gegenüber, der extra gekauft oder angemietet werden muss, wenn die Anlage die verfügbare Dachfläche übersteigt. Hinzu kommen die erforderlichen Stellflächen für den Speicher.

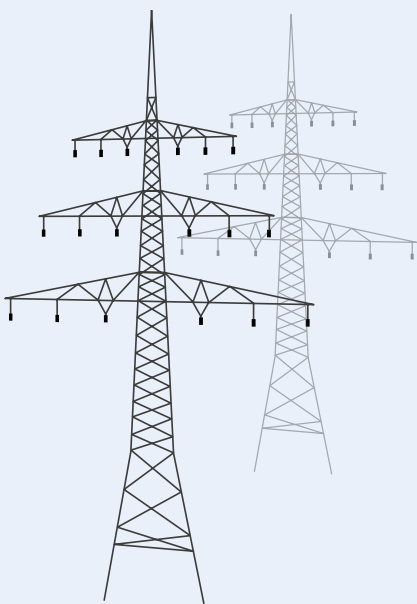
In Dänemark werden in ländlichen Gegenden häufig Wasserbecken zur Wärmespeicherung ausgehoben, die gegen das Erdreich gedämmt sind und über einen schwimmenden Deckel mit Dämmung verfügen. Große Flächen mit Solarthermielelementen speichern darin bei Sonne warmes Wasser. Über Wärmepumpen wird bei einem Absinken der Temperatur die Nutzttemperatur hergestellt. Das warme Wasser dient ganz oder teilweise der Versorgung über ein Quartierswärmenetz.



Quelle: www.hk-gebaeudetechnik.ch

Brennstoffzellen mit Einspeisung in ein gemeinsames Stromnetz (Objektnetz)

Da die Erzeugung von Strom bei der vergleichenden Betrachtung von Quartiers-Versorgungssystemen stets mitbetrachtet werden muss und der Strom aus KWK-Anlagen sich mit einem sogenannten Verdrängungsstromfaktor von 2,8 positiv auf die Energiebilanz des Objektes oder des Wärmenetzes auswirkt, kann z. B. der Einbau einer oder mehrerer Brennstoffzellen in die Wärmenetzplanung mit einbezogen werden. Hierzu können SOFC-Brennstoffzellen mit einem hohen elektrischen Wirkungsgrad von über 60 % und vergleichsweise geringer Wärmeerzeugung ohne großen Aufwand integriert werden. Die erzeugten Strommengen können beispielsweise für Ladestationen der E-Mobilität, dem Eigenstromverbrauch des Quartiers oder als Mieterstrom für die Bewohner zur Verfügung gestellt werden. Die erzeugte Wärme wird dem Wärmenetz zugegeben und kann auch im Sommer der Trinkwassererwärmung dienen.



Weniger effizient: Luft-Wärmepumpen, individuelle Geothermie, Power-to-Heat-Kessel, Nachtspeicherheizungen

Bei der Planung und Auslegung von Wohnquartieren wurde schon vor vielen Jahren versucht, erneuerbare Energien einzubinden. Aus Ermangelung ganzheitlicher Konzepte zu Stromerzeugung, Wärmeerzeugung und zur Nutzung erneuerbarer Energien brachten sie nicht den heute möglichen Erfolg.

Der Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen ist zwar bezüglich der Investitionskosten vergleichsweise günstig, führt aber insbesondere in der kalten Jahreszeit bei Temperaturen unter null Grad Celsius zu einem sehr hohen Energieverbrauch und daher hohen Stromkosten. Bei Temperaturen um null Grad Celsius neigt der Verdampfer, der über einen Ventilator mit Außenluft versorgt wird, durch die tiefere Verdampfungstemperatur des Kältemittels zur Vereisung. Der Verdampfer wird intervallartig elektrisch oder mit warmem Kältemittel beheizt. Bei tieferen Temperaturen erfolgt die Wärmeerzeugung bei vielen Geräten rein elektrisch. In der gesamten Energiebilanz besteht also ohne den Einsatz weiterer Effizienzmaßnahmen kein Vorteil gegenüber dem Einsatz fossiler Energien. Durch den an kalten Tagen zwangsläufig zeitgleichen Einsatz aller eingebauten Wärmepumpen wird das Stromnetz stark belastet. Bei Abschluss eines Wärmepumpentarifs hat der Netzbetreiber zusätzlich die Option, die Wärmepumpen netzstabilisierend stillzulegen.

Ohne eine übergreifende Planung werden Geothermiesonden häufig jedem einzelnen Haus zugeordnet. Dabei kommt es bei geringem Bauabstand möglicherweise zur Unterschreitung des erforderlichen Mindestabstandes zwischen den Bohrungen von

zehn Metern. Häufig wurden daher weniger Bohrungen gesetzt, die Bohrungen wurden überbelastet und regenerierten sich nur unzureichend. Eine übergeordnete Planung unter Einbeziehung der Verkehrsflächen und freien Plätze würde hier zu besseren Ergebnissen und effizienterem Einsatz der Wärmepumpen führen.

Der Einsatz von elektrischen Direktheizungen, hierzu gehören auch Power-to-Heat-Anlagen, ist grundsätzlich gesamtenergetisch ohne Effizienzvorteil. Der Einsatz von Überschussstrom, der für lange Zeit noch auf der unteren Strom-Spannungsebene kaum einsetzbar ist, ist ohnehin für den normalen Verbraucher durch fehlende Mess- und Steuereinrichtungen wirtschaftlich nicht einsetzbar. Anlagen, die Überschussstrom verwerten, sind in der Regel nur wenige Minuten zugeschaltet, wenn tatsächlich bis zum so genannten „Redispatch“ die Kraftwerksleistung angepasst wird. Zu elektrischen Direktheizungen gehören ebenfalls elektrisch betriebene Durchlauferhitzer oder Badeöfen.

Nachtstromspeicherheizungen befinden sich typischerweise in Bestandsgebäuden aus den Jahren 1965 bis 1975 und waren damals die komfortable Alternative zur Kohleheizung. Die Heizkörper enthalten Schamottesteine, die zu Zeiten außerhalb des großen Strombedarfs zum Beispiel nachts rein elektrisch erhitzt werden, um ihre Wärme dann über den Tag abzugeben. Wenn auch eine Umrüstung auf eine Quartiersversorgung wegen fehlender Heizungsinfrastruktur in den Straßen und Häusern teuer ist, ist ihr Austausch gegen moderne Quartiersversorgungssysteme dringend geboten. Der Bedarf an hohen Stromleistungen alle ein bis zwei Tage wird sich niemals in Einklang mit der Erzeugung erneuerbaren Stroms bringen lassen.

Im nachfolgenden haben wir realisierte oder noch im Bau befindliche Quartiersprojekte ausgewählt, die wegen ihrer eingesetzten Betriebsmittel zur Wärmeerzeugung besonders berichtenswert erscheinen. Inzwischen gibt es in Deutschland mehr als 1.200 Projekte, so dass eine komplette Übersicht kaum möglich ist. Eine gewisse Übersicht gewährt das Fachportal *Energiewende Bauen*: <https://projektinfos.energiewendebauen.de/projektlandkarte/>

Dresden Pieschen: Modernisierung und Ausbau der Fernwärme in großstädtischen Quartieren

Im Januar 2011 beauftragte die Stadt Dresden die Erstellung eines integrierten Energie- und Klimaschutzkonzeptes für Dresden (IEuKK) für den Zeitraum bis 2030 mit der strategischen Zielrichtung, „Dresden auf dem Weg zu höchster Energieeffizienz“ zu bringen. Das Konzept wurde ab März 2013 in verschiedenen Ausschüssen des Stadtrates beraten, der Öffentlichkeit vorgestellt und am 20. Juni 2013 durch den Stadtrat bestätigt. Mit dem „integrierten Ansatz“ wurden neben den energetischen Faktoren insbesondere die Themen Umweltschutz, Demographie, Bezahlbarkeit und Soziales im Zusammenspiel untersucht. Auch die Wertschöpfung der möglichen Versorgungsvarianten wurde mit ihren Effekten von der Stadt, dem AGFW und dem sächsischen Innenministerium (SMI) untersucht.

Gemäß den Festlegungen im IEKK wurde das Programmgebiet „Dresden Nordwest“ in das Programm 2015 ISE mit aufgenommen. Das Quartier erstreckt sich zwischen dem Dresdner Stadtzentrum und dem nordwestlichen Stadtrand. Im Norden und Osten wird das Gebiet durch die Bahntrasse Leipzig-Dresden begrenzt, im Südwesten durch die Elbe bzw. (weiter nördlich) die Leipziger Straße. Im linkselbischen Teil gehören der Bahnhof Mitte und der Sächsische Landtag noch zum Projektgebiet. Im Quartier leben rund 14.710 Einwohner (Stand 2013). Seit dem Jahr 2000 nimmt die Bewohnerschaft stetig zu und es wird ein weiterhin starkes Bevölkerungswachstum prognostiziert.



Ein Ziel der Maßnahmen umfasst u. a. den Bau der Fernwärmehaupttrasse Pieschen mit Anbindung an das zentrale Fernwärmenetz Dresdens nahe der Semperoper – gespeist aus der GuD-Anlage „Nossener Brücke“. Wesentlicher Bestandteil dabei ist die Fernwärmedükerung unter der Elbe und die Quartierserschließung. Die Umsetzung der Fernwärmeversorgung in Dresden Nordwest hat eine Optimierung der Energieversorgungsstruktur zum Ziel und ist das größte Einzel EFRE-Quartiersprojekt des Programmpunktes ISE in Sachsen. Gegenüber der derzeitigen Versorgungssituation werden mit dieser Maßnahme CO₂-Einsparungen in Größenordnungen von über 3.300 Tonnen pro Jahr erreicht. Vorhabensträger ist die DREWAG – Stadtwerke Dresden GmbH.

Des Weiteren kann die Einsparung durch den Einsatz nicht-fossiler Energieträger zukünftig noch erhöht werden und trägt maßgeblich zur Versorgungssicherheit bei. Für die Gesamtmaßnahme „Fernwärmeversorgung Dresden Nordwest“ werden Kosten in Höhe von rund 28 Mio. € (Stand 31.12.2018) angesetzt.

Versorgungsgebiet mit Elbquerung
Quelle: Stadt Dresden

Darmstadt: Kalte Nahwärme mit Gaswärmepumpen

In einem Vorort von Darmstadt wurde im Jahre 2014 eine neue Wohnanlage mit 6 mehrgeschossigen Wohnhäusern mit jeweils 8 Wohnparteien errichtet. Neben der baulichen Erschließung wurden alle Wohngebäude an ein kaltes Nahwärmenetz mit Vor- und Rücklauf angeschlossen. Zugleich wurden in den Zufahrtsstraßen und Plätzen 16 Erdwärmesonden mit einer Teufe von 90 m eingebracht, die in das Versorgungsnetz integriert wurden. Im Keller eines jeden Hauses wird eine Gasabsorptions-Wärmepumpe betrieben, die mit einem COP von 1,65 dem Kaltwassernetz bei 8–10 °C Wärme entzieht und bei einer Vorlauftemperatur von 55 °C als Nutzwärme zur Verfügung stellt. Das nicht isolierte Netz erwärmt sich in den Erdsonden und im Erdboden, ihr Wasserkreislauf (ohne Gly-

kol) wird durch Pumpen auf den Absorptionswärmepumpen sichergestellt. Zur Spitzenabdeckung befindet sich ein zusätzlicher Gasbrennwertkessel in jedem Haus.

Die Vorzüge des Systems sind die durch einen Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,7, geringere Zahl an Erdwärmesonden die optimale Verteilung der Erdwärmesonden in den Straßen und Plätzen, die geringen Baukosten des Wärmenetzes und die geringen Betriebskosten der Absorptionswärmepumpen.

Die Wärmekosten liegen bei rund 4 Ct/kWh, der Anteil erneuerbarer Wärme bei ca. 40 %.

Gasabsorptionswärmepumpe im Heizungskeller.
Bilder: Prof. Thomas Giel



Industrielle Abwärme: Quartiersversorgung mit industrieller Abwärme am Beispiel der östlichen Hafencity Hamburg

In Hamburg demonstrieren die enercity AG, vormals Stadtwerke Hannover, und der Metallproduzent Aurubis AG, wie industrielle Abwärme für die Wärmeversorgung im großstädtischen Raum genutzt werden kann. Die Industriewärme aus dem Hamburger Werk von Aurubis, die durch eine exotherme Reaktion bei der Herstellung von Schwefelsäure, einem Nebenprozess der Kupferraffination entsteht, ist nahezu frei von CO₂. Die Abnahme der Wärme an der Werksgrenze sowie deren Besicherung und Weitertransport zur Nutzung in der östlichen Hafencity erfolgen durch die enercity Contracting Nord GmbH, einer in Hamburg ansässigen 100-prozentigen Beteiligung von enercity.

Mit der Hafencity entsteht bis 2029 im ehemaligen Hafengebiet ein großer neuer Stadtteil in Hamburg. Die östliche Hafencity versorgt enercity seit 2012 mit Wärme. Der Ausbau der hierfür benötigten Erzeugungskapazität erfolgt entsprechend der baulichen Entwicklung des Quartiers. Die erste Energiezentrale mit einem mit Biomethan betriebenen Blockheizkraftwerk ging 2014 in Betrieb. Seit 2018 bindet enercity die Industriewärme in die Wärmeversorgung ein. Durch deren Nutzung spart die Hamburger Hafencity im Endausbau rund 4.500 t CO₂/a gegenüber der ursprünglich geplanten Wärmeerzeugung auf Basis von Biomasse ein. Inzwischen wurde das Fernwärmenetz zur Nutzung der Aurubis-Abwärme in den benachbarten Stadtteil

Rothenburgsort erweitert. In dem östlich der Hafencity gelegenen Stadtteil versorgt enercity seit Anfang 2021 weitere Kunden. Darüber hinaus nutzt Aurubis die Industriewärme innerbetrieblich. Insgesamt werden jährlich mehr als 20.000 t CO₂-Emissionen vermieden. Die Nutzung weiterer Abwärme im Hamburger Fernwärmenetz ist in Planung, so dass ab 2025 weitere CO₂-Emissionen eingespart werden können.

Bei der Nutzung industrieller Abwärme müssen viele Randbedingungen und Anforderungen der Akteure aus Industrie und Energiewirtschaft berücksichtigt werden. Auf der einen Seite liegt die Priorität auf dem ungestörten Produktionsbetrieb des Werkes, auf der anderen Seite steht die Versorgungssicherheit für die Wärmekunden im Vordergrund. Daher stellt Aurubis die Abwärme nach „Können und Vermögen“ zur Verfügung, währenddessen enercity die Versorgungssicherheit ihrer Kunden gewährleistet. Ein solches Vorhaben gelingt nur durch eine intensive und vertrauensvolle Zusammenarbeit der Partner. Hinzu kommt, dass sich die Zielsetzungen beider Unternehmen mit dem klimapolitischen Interesse der Freien und Hansestadt Hamburg decken, die Wärmeversorgung in Hamburg auf klimaschonende Füße zu stellen. Nicht zuletzt tragen auch Fördermittel der KfW und des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) zur Realisierung des Projektes bei.

**enercity versorgt die östliche Hafencity mit Industriewärme von Aurubis. Das Gebiet wächst stetig und wird 2029 komplett fertiggestellt sein.
Quelle und Urheber: Hafencity Hamburg GmbH/fotofrizz**



Klimaneutrale Weststadt Esslingen: Integrierte Wärmenutzung mit Grünem Wasserstoff

Auf einem ehemaligen Eisenbahngelände im Neckartal entsteht seit 2018 ein einzigartiges Quartier, das verschiedene Technologien zu einem klimaneutralen Gesamtkonzept verknüpft. Die Fertigstellung des Quartiers ist für 2021 geplant.

Auf einer Grundfläche von 12 Hektar werden Mehrfamilienhäuser mit Gewerbeanteilen in den Erdgeschossen realisiert. Insgesamt sollen mehr als 450 Wohneinheiten in der Esslinger Weststadt entstehen und so etwas Druck von dem angespannten Wohnungsmarkt der Region nehmen. Ein großer Teil der in dem Quartier verbrauchten Energie wird im Endausbau von PV-Anlagen auf den Gebäudedächern bereitgestellt. Der restliche Teil wird durch Wind- und PV-Anlagen aus dem lokalen Umfeld der Stadt Esslingen zugeführt. In Zeiten voller Abnahme geht die Elektrizität direkt zu den Nutzern der Gebäude, bei geringerer Nachfrage wird damit eine in der Ener-

giezentrale des Quartiers installierte Elektrolyseanlage mit einer Anschlussleistung von 1 MW_{el} betrieben. Diese erzeugt umweltfreundlichen Wasserstoff, welcher innerhalb des Quartiers in einem speziellen Wasserstoff-BHKW emissionsfrei genutzt werden soll. Gleichzeitig wird die Abwärme der Elektrolyse zur Beheizung des Quartiers genutzt und dadurch ihr Gesamtwirkungsgrad auf über 90 % angehoben. Nicht im Quartier verbrauchter Wasserstoff wird an einer Wasserstofftankstelle mit Abfüllanlage dem Verkehrssektor und der Prozessindustrie zur Verfügung gestellt.

Mit dem Ansatz, verschiedene Technologien (Elektrolyse, BHKW, PV-Anlagen, Stromspeicher, Wärmenetze) in einem integrierten Gesamtkonzept zu verknüpfen, wird ein maximaler Autarkiegrad in der Strom-, Wärme- und auch Kälteversorgung erreicht. Dieses Musterbeispiel der Sektorenkopplung ermöglicht die Teilnahme der Bewohner an emissionsarmer Mobilität und gelebter Klimaneutralität. Der Bund unterstützt dieses Projekt mit einer gemeinsamen Förderung von BMWI und BMBF als beispielhaftes Reallabor.

Neue Weststadt Esslingen.
Quelle: SIZ-EGS, Prof. Fisch, Berliner Energietage 2020



Augsburg: CO₂-freie Gas-Zentralheizung in der Sanierung von Mehrfamilienhäusern

Die Wärmewende stellt in Bestandsgebäuden eine noch größere Herausforderung dar, als im Neubau. Sind einfache Dämm- und Isolierungsmaßnahmen bereits ausgeführt, steht oftmals die Entscheidung zwischen Kernsanierung oder Abriss mit anschließendem Neubau im Raum. Leider stehen gerade in Städten die erneuerbaren Energien nur unzureichend zur Verfügung, so dass Bestandsgebäude auch nach ihrer Sanierung immer noch mehr Energie brauchen, als in der Umwelt oder von Dachflächen gewonnen werden kann. Dass es trotzdem unter Zuhilfenahme eines Teils externer, erneuerbarer Energie auch zu für Altbauten annehmbaren Vorlauftemperaturen reichen kann, zeigt ein Sanierungsprojekt im bayerischen Augsburg.

Die drei Gebäudeteile mit auf je fünf Etagen verteilten 70 Wohneinheiten wurden 1974 gebaut. Der Vergleich verschiedener Heiztechnikvarianten mündete bei der Planung der Sanierung schließlich in einer integrierten Power-to-Gas-Anlage (PtG). Nur zwei weitere Lösungen erreichten die Effizienzhausklasse KfW 85: 1.) BHKW mit Gasbrennwerttherme und Solarthermie, 2.) Pelletanlage. Die in der Verbrauchsvorschau prognostizierten Laufzeiten sprachen gegen die Variante 1.) und für ein für die Variante 2.) erforderliches Pelletlager fehlte der Platz am Standort. Auch eine Sole-Wärmepumpe war aus Wasserschutzgründen nicht möglich, so fiel die Entscheidung auf eine teure, aber auch CO₂-neutrale Variante.

Nach der Sanierung speichert eine zentrale Hochleistungsbatterie den Strom aus einer eigenen PV-Anlage. Sinkt der Ladungsstand und wird kein eigener PV-Strom nachgeführt, wird die Batterie mit grünem Strom aus dem Netz geladen. Steht mehr Strom zur Verfügung, als gerade gebraucht wird, wird dieser zum Betrieb eines Elektrolyseurs genutzt. Der erzeugte Wasserstoff wird in einer Methanisierung zusammen mit CO₂ zu Methan umgewandelt und anschließend in Tanks für die spätere Nutzung gespeichert. Der elektrolytisch erzeugte Sauerstoff wird ebenfalls gespeichert und im Bedarfsfall in einem zentralen BHKW oder einer der Spitzenlast-Brennwertthermen verwendet. Deren CO₂-haltiges Abgas wird aller-



dings nicht über einen Schornstein abgegeben, sondern aufgefangen und als Rohstoff für die Methanisierung bereitgehalten. Ein weiterer Clou: Die bei der Elektrolyse und der Methanisierung jeweils anfallende Abwärme stellt die Grundlastversorgung der Wohnungen sicher und wird daher ebenfalls nicht an die Umgebung abgegeben.

Die Stadtwerke Augsburg haben in diesem Projekt hohe CO₂-Vermeidungskosten hingenommen. Mit dem Betreten technischen Neulands konnte aber gezeigt werden, dass die Wärmewende im Bestand kreative und mutige Lösungen hervorbringen kann. Dieses Risiko wurde 2018 mit dem Innovationspreis der Deutschen Gaswirtschaft in der Kategorie Effiziente Energiekonzepte prämiert.



Langweid am Lech: Brennstoffzellen im virtuellen Quartierskraftwerk

In der Gemeinde Langweid am Lech unweit von Augsburg wurde eine Anlage mit 35 Doppel- und Reihenhäusern und 4 MFH in der ersten Ausbaustufe realisiert. Die energetische Vorgabe sah die Umsetzung des KfW-55-Standards vor. Der Bauträger hatte hierfür die Wärmeversorgung mit Pelletanlagen für die Mehrfamilienhäuser und Wärmepumpen für die Einfamilienhäuser geplant. In dem Wunsch, ein sowohl hocheffizientes wie für die Bewohner komfortables Konzept auszuarbeiten entschied man sich schließlich anders und für den Einbau individueller Brennstoffzellen in den Einfamilienhäusern. Hiermit wird das Ziel eines hohen Effizienzstandards erreicht.

Für den zweiten Bauabschnitt wird die Umsetzung eines KfW-40-Plus-Konzepts geplant. Hier werden die Brennstoffzellen mit Biomethan betrieben sowie ein stationärer Stromspeicher, eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und eine Visualisierung von Stromerzeugung und -verbrauch installiert.

Das Konzept besticht durch seine einfache Umsetzbarkeit und den Einsatz von bewährter Technik.



14 Rechtliche Rahmenbedingungen

In Zeiten knapper kommunaler Haushalte sind bei allgemein steigenden Anforderungen die umwelt-, energie- und klimapolitischen Ziele nur mit erheblichen Anstrengungen und finanziellen Aufwendungen zu leisten. Einzelne Fördermaßnahmen von EU und Bund sollen dabei einen wesentlichen Anreiz geben, insbesondere auch für Maßnahmen auf Quartiers-ebene.

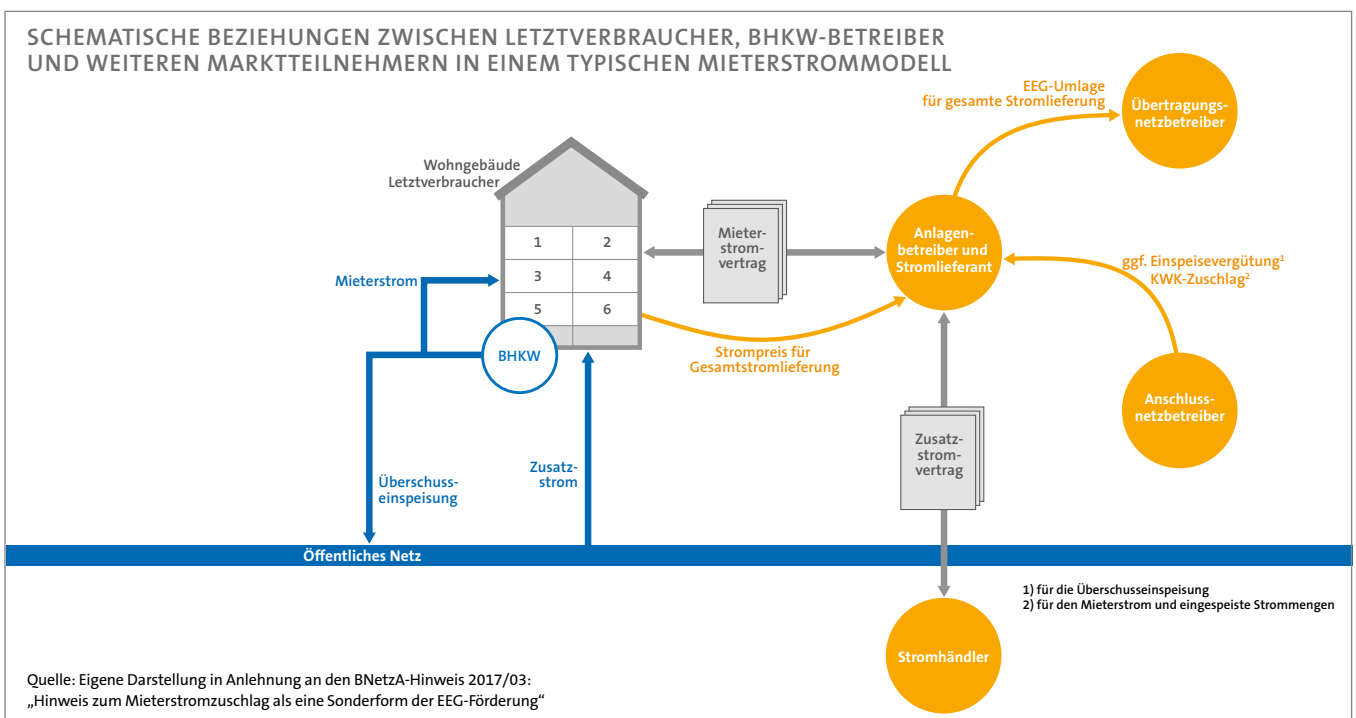
Förderung

EFRE Der Europäische Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) ist ein Strukturfonds der EU für wirtschaftliche Aufholprozesse wirtschaftlich schwächerer Regionen und Regionen mit Strukturproblemen. Die Förderung hat das Ziel, dauerhafte Arbeitsplätze zu schaffen, die Infrastruktur zu erweitern und technische Hilfsmaßnahmen zu finanzieren.

KfW Die KfW ist eine Förderbank in der Hand der Bundesrepublik Deutschland und untersteht dem Finanzministerium. Quartierskonzepte und Sanierungsmassnahmen werden durch die KfW über den Zuschuss 432 „Energetische Stadtsanierung“ gefördert. Mit den Krediten 201 und 202 werden über besondere Kreditbedingungen und Tilgungszuschüsse (10%) Projekte zur Stadtsanierung, insbesondere Wärmenetze und -speicher, Anlagen zur Abwärmenutzung und Effizienzsteigerung, finanziert. Mit weiteren Programmen werden die energieeffiziente Sanierung (151, 152, 153, 430) oder die Einbindung erneuerbarer Energie (271, 272, 281, 295) gefördert. Informieren Sie sich über für die Sie möglichen Förderungen unter www.kfw.de.

BAFA Die Bundesregierung fördert durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) über das Förderprogramm Wärmenetze 4.0 besonders innovative Wärmenetze. Bezuschusst werden bis zu 80% des Herstellungswertes, wenn mehr als 50% der Wärme aus erneuerbaren Energien gewonnen wird. Der Einsatz von Biogas/Biomethan und anderen erneuerbaren Gasen wird bei ortsferner Erzeugung allerdings nicht angerechnet.

Sowohl elektrische als auch Gas-Wärmepumpen sowie Hybrid-, Solarthermie und Biomasseanlagen werden im Rahmen des Förderprogramms Heizen mit erneuerbaren Energien mit bis zu 45% der Investitionskosten (Anschaffung, Installation, Inbetriebnahme, Umbau) gefördert. Auch Gasbrennwertheizungen sind förderfähig, wenn sie einen Mindestanteil erneuerbarer Energie einbinden.



Im Programm „Kälte- und Klimaanlage“ geht es um die Förderung neuer Anlagen, die mit umweltverträglichen Kältemitteln betrieben werden oder einen Prozess effizienter machen. Die Förderhöhe richtet sich dabei nach einem Katalog. Dieses Programm richtet sich vor allem an Unternehmen, öffentliche Träger oder Kommunen.

KWKG KWK-Anlagen bis zu 1 MW_{el} erhalten für 30.000 Vollbenutzungsstunden einen KWK-Zuschlag von 1,5 bis 8 Ct/kWh_{el} (je nach Anlagenleistung), wenn sie in eine Kundenanlage (Quartiersnetz) einspeisen. Strom, der ins öffentliche Netz eingespeist wird, erhält einen KWK-Zuschlag zwischen 4,4 und 16 Ct/kWh_{el}. Neben dem KWK-Zuschlag wird für eingespeiste Strommengen für Anlagen bis 100 kW_{el} eine Einspeisevergütung in Höhe des Grundlastbörsenstrompreises gezahlt. Anlagen über 100 kW_{el} müs-

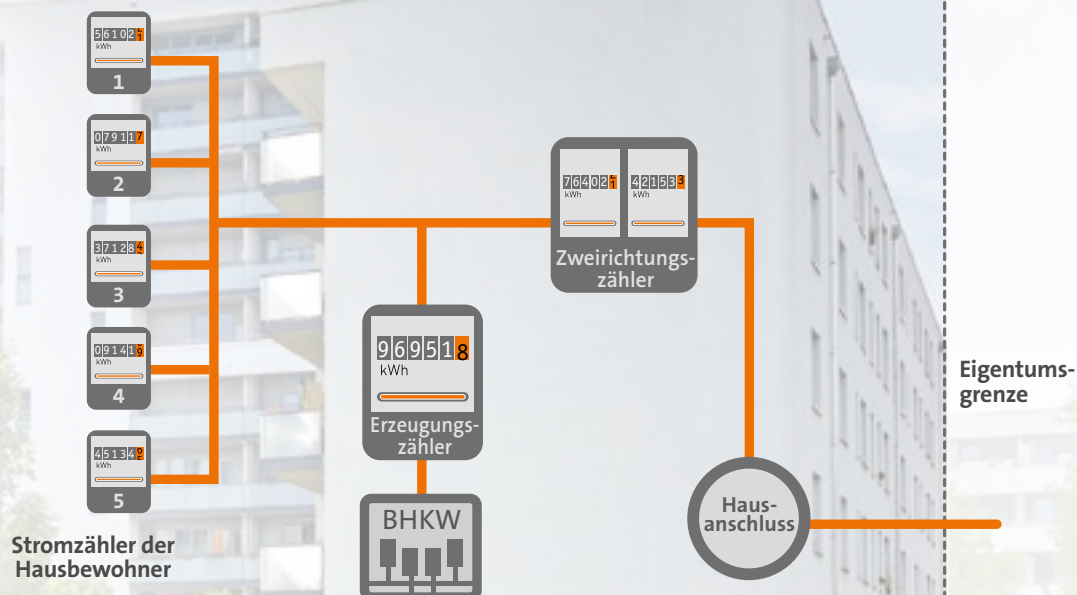
sen die eingespeisten Strommengen selbst vermarkten, in der Regel über einen Direktvermarkter. Für den Ausbau der Fern- und Nahwärmenetze kann ein Zuschlag von bis zu 40 % der Investitionskosten in Anspruch genommen werden. Auch Kältenetze sowie Wärme- und Kältespeicher werden bezuschusst.

Im Rahmen eines Ausschreibungsverfahrens können innovative Wärmenetze gefördert werden, soweit 30 % der Wärme über erneuerbare Energien gewonnen wird und 30 % der Wärme in einem Elektrokessel erzeugt werden könnte. Eine entsprechende Förderung von bis zu 12 Ct/kWh_{el} wird über 45.000 Betriebsstunden gewährt. Der Strom darf nur in das öffentliche Netz einspeist werden.

EEG KWK-Anlagen, die mit Biogas oder Biomethan betrieben werden, sowie PV-Anlagen werden nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Der Strom, der in das Netz der öffentlichen Stromversorgung eingespeist wird, wird bei KWK-Anlagen mit ca. 13 Ct/kWh, bei PV-Anlagen mit ca. 9,5 Ct/kWh gefördert. Die KWK-Strommengen, die innerhalb eines Hauses oder Quartiers verbraucht werden, werden nicht gefördert. Die PV-Strommengen, die innerhalb eines Hauses oder Quartiers verbraucht werden, können den sog. Mieterstromzuschlag nach dem EEG erhalten.

Weitere Fördermittel: www.foerderdata.de/foerdermittel-suche

BEISPIEL DER ANORDNUNG DER STROMZÄHLER IN EINEM MEHRPARTEIENHAUS.
Der im BHKW erzeugte und innerhalb des Hauses verbleibende Strom wird prozentual den beteiligten Mietern zugerechnet.



Gesetze und Regelwerke

BImSchG und TA Luft Das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) gehört zum Umweltrecht und schützt Menschen, Tiere und die Umwelt vor negativen Einflüssen aus Luftverunreinigungen, Geräuschen, Erschütterungen und Gerüchen. Grundsätzlich sind erdgasbefeuerte BHKWs und Gasturbinen gemäß der 4. BImSchV bis zu einer Feuerungswärmeleistung von 1 MW (je nach Wirkungsgrad der Anlage ca. 400 kW_{el}) von der Genehmigungspflicht befreit.

Auch die TA Luft greift gemäß der 4. BImSchV für erdgasbetriebene KWK-Anlagen explizit ab 1 MW Feuerungswärmeleistung. Allerdings ist hier zu beachten, dass KWK-Anlagen unter 1 MW Feuerungswärmeleistung im Sinne der Verordnung dem Stand der Technik entsprechen müssen. Da nahezu sämtliche BHKWs unterhalb dieser Grenze ebenfalls die TA Luft erfüllen, wird die TA Luft als „Stand der Technik“ für diese ebenfalls verpflichtend.

BauGB § 11 Das deutsche Baugesetzbuch (BauGB) ist das wichtigste Gesetz des Bauplanungsrechts. Es definiert die wichtigsten stadtplanerischen Instrumente, die den Gemeinden zur Verfügung stehen. Das Baugesetzbuch eröffnet den Kommunen die Möglichkeit, in einem städtebaulichen Vertrag nach § 11 Abs. 1 Nr. 4 Anlagen zur Durchsetzung der umwelt- und energiepolitischen Ziele zu errichten oder Verpflichtungen aufzuerlegen.

EEG Das EEG regelt die vorrangige Einspeisung erneuerbarer elektrischer Energie in das Stromnetz. Für die Quartiersversorgung ist dieses Gesetz von Bedeutung, sofern Strom aus Photovoltaikanlagen oder aus BHKWs, die mit Biogas oder Biomethan betrieben werden, in das allgemeine Stromnetz eingespeist wird. Des Weiteren regelt das EEG die EEG-Umlagepflicht für den im Quartier erzeugten Strom beim direkten Verkauf an Letztverbraucher.

Energiesteuergesetz Das Energiesteuergesetz (EnergieStG) ist ein Verbrauchssteuergesetz zur Besteuerung aller Energiearten fossiler und nachwachsender Herkunft. Nach § 53a des Energiesteuergesetzes kann eine KWK-Anlage teilweise oder vollständig von der Energiesteuer auf Erdgas (oder Flüssiggas) befreit werden. Für Erdgas beträgt der maximal zu erstattende Betrag 0,55 Ct/kWh.

EnWG Das Energiewirtschaftsgesetz regelt den Transport und Handel mit leitungsgebundenen Energien. Das Ziel ist die sichere, kostengünstige, effiziente und verbraucherfreundliche Versorgung der Allgemeinheit. Dabei stellt die Sicherstellung eines wirksamen und unverfälschten Wettbewerbs eine große Rolle. Für die Energieversorgung in Quartieren spielt § 3 Nr. 24 – die Möglichkeit des Einrichtens einer Kundenanlage – eine wesentliche Rolle. Ferner regelt es in § 5 die Anzeigepflicht für Versorgungsunternehmen, sofern die Quartiersversorgung über die Grenzen einer Kundenanlage hinaus erfolgt.

FW 309-1 Der AGFW hat als Anwendungs- und Auslegungshilfe zur Vornorm DIN V 18599-1 das Arbeitsblatt FW 309-1 erstellt, welches die Bilanzierungsregeln zur Ermittlung der spezifischen Primärenergiefaktoren von konkreten Wärmeversorgungssystemen zur Verfügung stellt. Die Berechnung kann nur über einen zertifizierten fp-Gutachter bescheinigt werden.

Gebäudeenergiegesetz (und DIN V 18599)

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) wurde am 18. Juni 2020 vom Bundestag beschlossen. Es vereinigt die bisherigen Regeln des Energieeinspargesetzes, der Energieeinsparverordnung und des Erneuerbaren-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG). Von Bedeutung für die Quartiersversorgung sind die Berechnungsvorschriften der DIN V 18599, die im Fall von KWK-Anlagen Ergänzungen zur Berechnung von Primärenergiefaktoren von Wärmenetzen nach FW 309-1 macht. In § 107 GEG (Wärmeversorgung im Quartier) sind für die gemeinsame Wärmeversorgung einer Quartiersanlage entsprechende Regelungen erlassen worden.

KWKG Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz regelt das Recht der Einspeisung von Strom aus KWK-Anlagen in das öffentliche Stromnetz sowie die Bezuschussung von erzeugten Strommengen. Des Weiteren wird der Ausbau von Wärmenetzen und Wärmespeichern gefördert. Besondere Regelungen werden für große, innovative KWK-Netze mit einer Leistung von mehr als 1 MW_{el}, die einen Anteil von mehr als 50 % aus erneuerbaren Energien gewinnen, getroffen.

Stromsteuergesetz Das Stromsteuergesetz (StromStG) regelt die Besteuerung des Stromverbrauchs. Die Steuer wird von den Letztverbrauchern über die Stromrechnung bezahlt und beträgt 2,05 Ct/kWh. Nach § 9 Abs. 1 Nr. 3 lit. b des Stromsteuergesetzes ist die Lieferung von Strom aus KWK-Anlagen bis 2 MW_{el} im räumlichen Zusammenhang – also im Quartier – von der Stromsteuer befreit. Die Befreiung besteht in diesem Zusammenhang über die Grenzen der ansonsten für Quartiersversorgungen maßgebliche sog. Kundenanlage hinaus und wird bis zu einer Grenze von 4,5 Kilometern gewährt.



Brennstoffzellen für die Hausenergieversorgung
Artikelnummer 30 96 19



Mieterstrom mit KWK als Schlüssel zur Wärmewende
Artikelnummer 31 11 67



Marktübersicht Gaswärmepumpen 2020
Online-PDF



Contracting
Artikelnummer 30 98 34



Energiewende anders
Artikelnummer 30 99 43



Energieträger Wasserstoff
Artikelnummer 31 09 29

Bilder: u.a. Wolfgang Jargstorff - stock.adobe.com, Thomas Hosemann, Fotofrizz/B. Kuhn, Studio Harmony - stock.adobe.com, Gerd - stock.adobe.com, jozsitoeroe - stock.adobe.com, KatarzynaBialasiewicz, Tanja Esser, Franco Nadalin, Christian Stoll, Roman Babakin, ah_fotobox - Fotolia, Verena Matthew, Daniel Bahrmann 2016, Trutta

Herausgeber

ASUE Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen
Energieverbrauch e. V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin

Telefon 0 30 / 22 19 1349-0
info@asue.de
www.asue.de

Bearbeitung

ASUE Arbeitskreis Quartiersversorgung
Thomas Wencker
Jürgen Stefan Kukuk

Grafik

Kristina Weddeling, Essen

Verlag

wvgw Wirtschafts- und
Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH
Josef-Wirmer-Straße 3
53123 Bonn
Telefon 0228/9191-40
info@wvgw.de
www.wvgw.de

Innovative Quartiersversorgung
Artikelnummer: 31 15 16

Stand: April 2021

Hinweis

Die Herausgeber übernehmen keine Gewähr
für die Richtigkeit und Vollständigkeit der An-
gaben.



AGFW | Der Energieeffizienzverband
für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Stresemannallee 30
60596 Frankfurt am Main
www.agfw.de

Überreicht durch: