

Kalte Wärmenetze

Schlüsseltechnologie für die urbane Dekarbonisierung

Der Umstieg auf erneuerbare Energien von vormals fossilen Wärmeerzeugern ist für viele einzelne Gebäude mangels Platz oder Möglichkeiten Umweltenergie zu schöpfen, sehr aufwändig oder gar nicht möglich. Die Lösung ist die Vernetzung der Gebäude durch ein kaltes Nahwärmenetz. Dieses nicht isolierte, preiswerte und erweiterbare Netz ermöglicht den Austausch von Wärme: Gebäude, die Wärme abstrahlen (z. B. bei Kühlung), geben diese an Gebäude ab, die Wärme benötigen (z. B. zur Warmwassererzeugung). Dies schafft Synergien und Kostenvorteile.

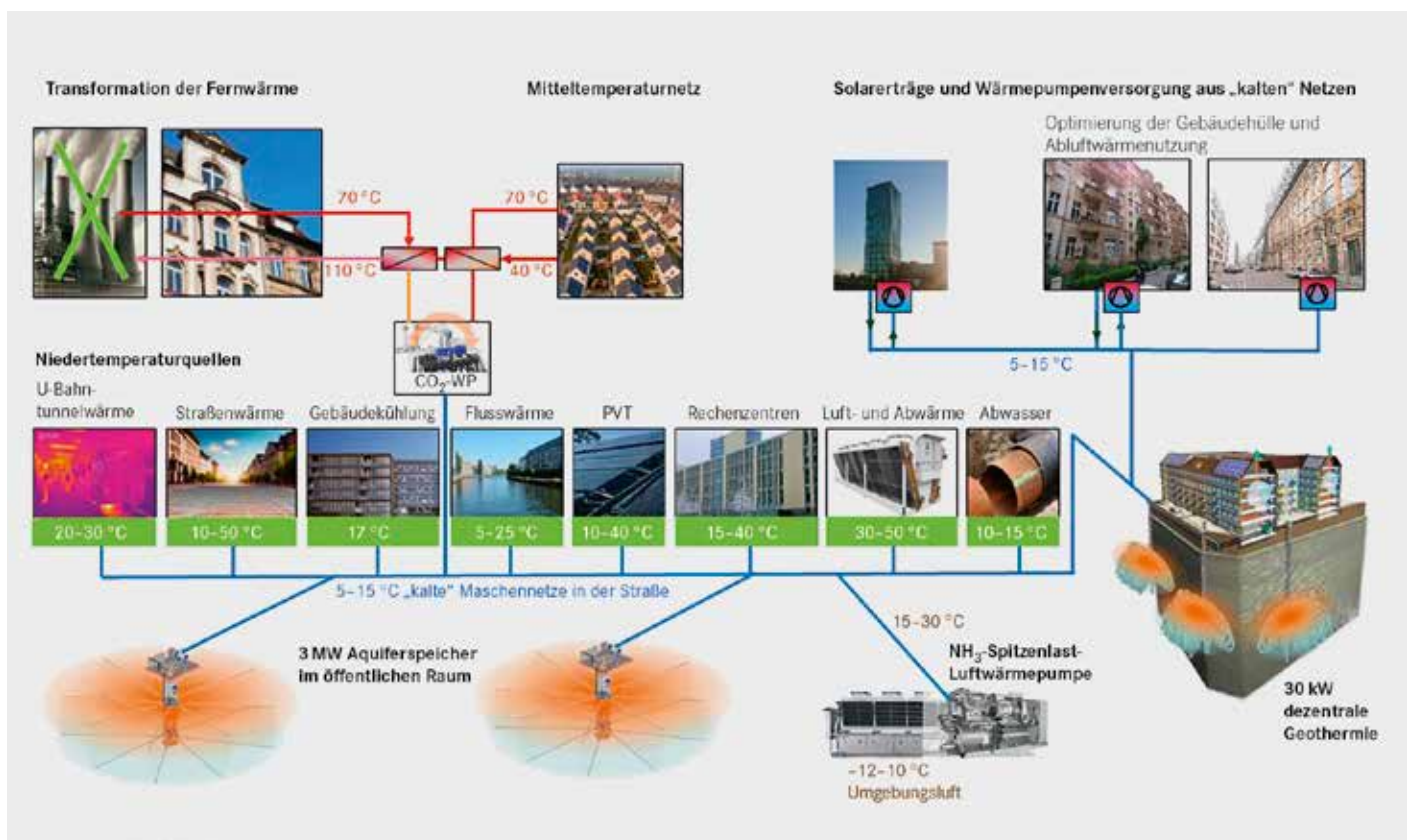
Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung zählt zu den größten Herausforderungen der Energiewende. Traditionell wurden Wärmenetze entwickelt, um Quartiere zentral zu beheizen und Abwärme aus stromerzeugenden Kraftwerken zu nutzen. Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) galt lange als Effizienzmaßstab, da sie den eingesetzten Brennstoff optimal ausnutzt. Ihre Effizienz ist jedoch an eine simul-

tane Strom- und Wärmeabnahme gebunden. Mit dem wachsenden Anteil volatiler erneuerbarer Energien im Stromsektor entstehen Überproduktionen und Minderleistungen, die eine Entkopplung von Wärme- und Stromlastgang erzwingen. Dies führt bei wärmegeführten KWK-Anlagen zu Abregelungen und erfordert neue Flexibilitätsoptionen, z. B. Speicher-Wärmepumpenbetrieb.



Geothermie & Co. für die Wärmewende in Berliner Quartieren

kurzlinks.de/y4kj



5GDHC-Wärmenetze (5th Generation District Heating and Cooling) verteilen Wärme mit Umgebungstemperaturen von 5–35 °C. Sie können lokale Niedertemperaturwärmequellen nutzen wie die Umgebungsluft, Fluss- oder Seewasser, PVT-Kollektoren, aber auch die Abwärme aus U-Bahntunneln oder Straßenbelag, Rechenzentren oder Abwasserkanälen. Dezentrale Wärmepumpen in den angeschlossenen Gebäuden heben das Temperaturniveau auf die im Hausnetz benötigte Höhe an. Die saisonale Speicherung kann durch Grundwasserleiter erfolgen, die z. B. über Horizontalfilter-Zirkulationsbrunnen erschlossen werden.

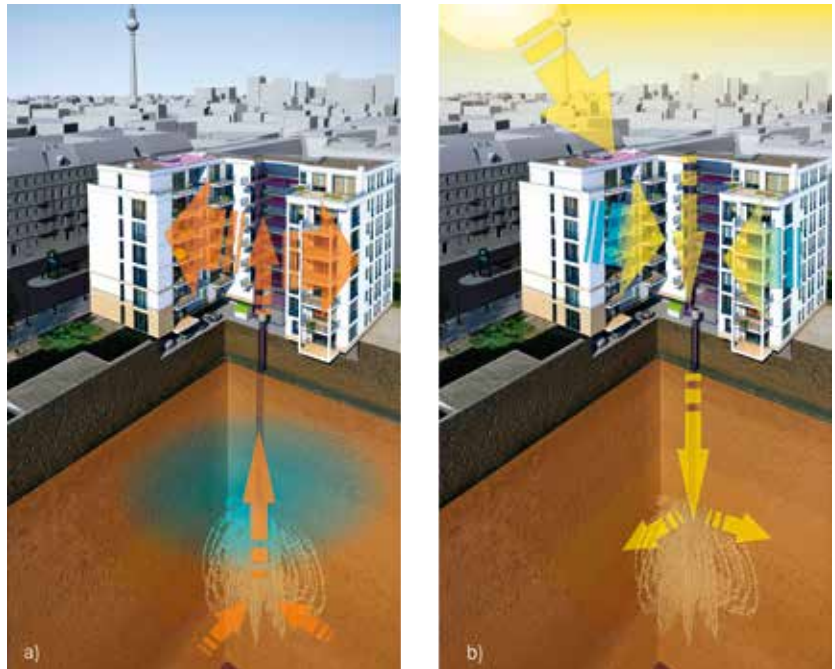
Umstieg auf erneuerbare Energien

Will man in zentralistischen Systemen der Wärmeversorgung auf fossile Brennstoffe verzichten, werden hochpotente Energiequellen oder Energieträger mit hoher Energiedichte am Kraftwerksstandort benötigt, wie Tiefengeothermie, elektrische Wärmepumpen mit leistungsstarken Umwelt- oder Abwärmequellen sowie alternative Energieträger wie Strom, Biomasse, Müll oder Wasserstoff. In verdichteten Quartieren, die auf diese Quellen nicht im erforderlichen Umfang zugreifen können, muss die Wärmeversorgung dezentral auf Umweltenergie basieren, um fossile Energieträger, Biomasse oder Wasserstoff für die Sektoren Industrie und Transport zu reservieren. Trotz Diskussionen über Technologieoffenheit wird die elektrische Wärmepumpe dominieren, da sie das beste Verhältnis von erneuerbarem Strom zu erzeugter Wärme bietet.

Umweltwärmequellen platzsparend gemeinsam nutzen

In Innenstädten fehlt es jedoch häufig an Flächen für Umweltwärmequellen. Oberflächengeothermie ist platzintensiv und in Blockrandbebauungen kaum realisierbar. Luftwärmepumpen erfordern eine aufwändige Schalldämmung, weisen gerade bei der höchsten Heizlast die geringste Heizleistung mit großem Strombedarf auf und sind baulich oft nicht integrierbar. Die Vernetzung von Grundstücken eröffnet hingegen die Möglichkeit, erneuerbare Wärmequellen auf Freiflächen zu erschließen und darauf zuzugreifen. Wärme kann auf einem Temperaturniveau von 5–15 °C transportiert werden, wie es kalte Netze vorsehen, oder vor Ort mittels Wärmepumpen hochtransformiert und in einem Wärmenetz verteilt werden.

Kalte Netze bieten den Vorteil eines nahezu verlustfreien Transports in ungedämmten Kunststoffrohren, die aufgrund der geringen thermischen Belastung eine hohe Lebensdauer aufweisen. Zahlreiche Umweltwärmequellen wie sommerliche Außenluft, Oberflächengewässer, Solarthermie oder Abwärme aus Gebäuden und Rechenzentren können ohne großen technischen Aufwand allein durch Wärmetauscher erschlossen werden. Da die Leistung dieser Quellen nicht mit dem Bedarf korreliert, ist Speicherung notwendig. Sommerliche Wärmeüberschüsse können im Winter genutzt werden, wenn



Oberflächennahe Geothermie als verlustfreier saisonaler Speicher. Links: Wärmeentzug im Winter. Rechts: solare Regeneration im Sommer.



Zentralistische und maschenförmige Vernetzung. Links: Wärme war ursprünglich ein „Abfallprodukt“ der Stromerzeugung. Rechts: Umweltenergie fällt dezentral an, Wärmebedarf entsteht dezentral.

Speicher mit hoher Wärmekapazität saisonal bevorraten können. Die Speicherung in der benötigten Größenordnung ist herausfordernd: Sensible Speicher erfordern große Volumina, die in Städten kaum realisierbar sind. Latentwärmespeicher wie Eisspeicher beanspruchen weniger Platz, sind jedoch bei externer Bauweise immer noch groß. Die Nutzung des Untergrundes, insbesondere durch Erschließung von Grundwasserleitern, bietet eine praktikable Alternative für saisonale Speicherung und wird in den Niederlanden mit mehr als 3.000 ATES-Installationen praktiziert.

Dezentrale und saisonal gespeicherte Umweltwärme in kalten Netzen kann auch Quelle für die Dekarbonisierung der Fernwärme aus der Peripherie heraus sein und damit Ersatz für die zentral nicht verfügbare erneuerbare Energie bieten. Eine solche disruptive Umstrukturierung bietet Lösungsansätze für die systemimmanenten Probleme der Fernwärme.

Task Force Quartiere

Dieser Beitrag ist der zweite Teil einer Artikelserie, die sich mit folgenden Themen befasst:

- Alternative Sanierungsstrategie
- Kalte Nahwärmenetze
- Saisonale Wärmespeicherung
- Klimaresilienz und Begrünung
- Finanzierung und Teilhabe



**Kühl plus warm
gleich heiß**

Kalte Nahwärme und Wärmepumpen als Schlüsseltechnologie der Energiewende

MGT 05/2022, S. 16
tga-praxis.de/20220516



Maschenförmige Vernetzung von Quellen, Senken und Speicher im 5GDHC-Netz

Dezentrale Netze für bestehende Quartiere

Bisher wurden kalte Netze fast ausschließlich für Neubaugebiete errichtet, um geothermische Anlagen einem Quartier zugänglich zu machen. Eine dezentral organisierte Struktur in Form sukzessiv zusammenwachsender Energiezellen ist jedoch insbesondere bei Quartierssanierungen vorteilhaft, da sie geringe, lediglich dem Ausbau angepasste Vorinvestitionen erfordert und hohe Flexibilität bietet. Die Systemarchitektur kann als Einleiter- oder Zweileitersystem ausgeführt werden, wobei Wärme- und Energieflüsse unidirektional oder bidirektional gestaltet werden können. Eine maschenförmige Struktur erhöht die Redundanz und reduziert Rohrquerschnitte.

Der Betrieb nach dem Prinzip eines differenzdrucklosen Verteilers entkoppelt Erzeuger- und Verbraucherkreise. Jeder Netznutzer kompensiert den Druckverlust seines Wärmetauschers mit einer eigenen Pumpe. Dies ermöglicht eine drehzahlvariable, bedarfsgerechte Regelung, reduziert den Stromverbrauch und verbessert die Regelgüte. Auf zentrale Netzpumpen kann im Idealfall verzichtet werden, sie könnten aber bei verteilten geothermischen Anlagen sinnvoll sein, um deren Beanspruchung zu vergleichmäßigen oder gezielt lokale Veränderungen zu bewirken, etwa um in Grundwasserleitern anthropogen veränderte Temperaturen wieder auf natürliche Verhältnisse zurückzuführen.

Beteiligung auf dem Wärmemarktplatz

Da kalte Netze und angeschlossene Speicher Wärme aufnehmen und abgeben können, herrschen an jedem Punkt Ein- und Ausspeisemöglichkeiten, diese Netze werden als 5GDHC-Netze (5th Generation District Heating and Cooling) bezeichnet. Der Anschlussnehmer wird vom Konsumenten zum Prosumenten, kann Wärme liefern und beziehen, aktiv am Wärmemarkt teilnehmen und Selbstwirksamkeit erzielen. Dies kann durch Errichtung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien oder von Wärmespeichern erfolgen. Diese Form der Partizi-



Taco Holthuizen, Professor im Masterstudiengang Planung nachhaltiger Gebäude an der BHT, Architekt und Geschäftsführer bei der auf emissionsoptimiertes Bauen spezialisierten eZeit Analytics GmbH, Berlin



Michael Viernickel, Projektkoordinator bei eZeit Analytics GmbH, Berlin



Fabian Eichelbaum, Projektingenieur bei eZeit Analytics GmbH, Berlin

pation steigert die Akzeptanz, stimuliert Eigeninitiative und mobilisiert privates Kapital. Die Energiewende wird, ähnlich wie bei Balkonkraftwerken, vermutlich einen Schub erfahren.

Die regelungstechnische Herausforderung besteht darin, eine ganzheitlich sinnvolle Bewirtschaftung zu gewährleisten. Für eine übergeordnete Regelung muss es Systemgrenzen geben, was eine gewisse Zentralisierung bedeutet. Alternativ bietet sich ein Marktplatzmodell an, in dem Prosumer über eine gemeinsame Plattform interagieren und über Preissignale die Koordination von Angebot und Nachfrage erfolgt. Hier könnten Kryptowährungen eine Rolle spielen. Sowohl bei der Gestaltung der Netztarife als auch bei individuellen Regelungen müssen aktuelle Situationen bewertet und künftige Entwicklungen antizipiert werden. Der Wärmepreis wird lokal differenziert dynamisch bestimmt, ähnlich wie an einem Energiemarkt, und je nach Ladezustand, Temperatur sowie Druckverhältnissen angepasst, um wärme- und stromnetzdienliches Verhalten anzureizen. Saisonspeicher müssen vorausschauend bewirtschaftet werden, wobei Wetter- und Tarifprognosen sowie Bedarfsprognosen berücksichtigt werden. Dies ist sowohl kurzfristig als auch saisonal entscheidend, um neben der Bedarfsdeckung ein ökonomisches und ökologisches Optimum zu erzielen und wird sich künftig über KI automatisieren lassen.

Gebäude kühlen und Speicher regenerieren

Neben der Wärmeversorgung muss die Klimafolgenanpassung berücksichtigt werden, insbesondere Hitzeepisoden mit Hitzetoten. Zur Reduktion urbaner Hitzeinseln ist die technische Wärmeabfuhr durch Rückkühlwerke über das Kaltnetz in geothermische Speicher sinnvoll. Dies senkt lokale Temperaturen, kann im Kaltnetz andernorts gleichzeitig z. B. zur Trinkwarmwassererwärmung dienen und regeneriert zugleich thermisch die Wärmespeicher für die Winterperiode und ermöglicht damit eine saisonal verlagerte Nutzung. Kalte Netze sind somit eine Schlüsseltechnologie für die klimaneutrale Stadt. Sie verbinden hydraulische Effizienz mit digitaler Intelligenz, ermöglichen die Integration volatiler Umweltwärmequellen, entlasten das Stadtklima und schaffen die Basis für eine resiliente Wärmeversorgung.

