

Wärmewende im Quartier



Fraunhofer IBP
Dr. Dietrich Schmidt
dietrich.schmidt@ibp.fraunhofer.de

Heike Erhorn-Kluttig
heike.erhorn-kluttig@ibp.fraunhofer.de

Wuppertal Institut
Dr. Johannes Venjakob
johannes.venjakob@wuppertalinst.org

IZES
Bernhard Wern
wern@izes.de

ZSW
Dr. Jann Binder
jann.binder@zsw-bw.de

DLR
Evelyn Sperber
evelyn.sperber@dlr.de

Fraunhofer ISE
Gerhard Stryi-Hipp
gerhard.stryi-hipp@ise.fraunhofer.de

Fraunhofer IWES
Britta Zimmermann
britta.zimmermann@iwes.fraunhofer.de

DBFZ
Dr. Volker Lenz
volker.lenz@dbfz.de

Bedeutung des Gebäudesektors

Auf den Gebäudebereich als einen der großen Energieverbrauchssektoren entfallen knapp 40 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland und damit auch gut ein Drittel aller anfallenden bundesweiten CO₂-Emissionen.

Anders als im Stromsektor ist der Beitrag der erneuerbaren Energien für die Wärmebereitstellung in den vergangenen Jahren nur wenig gewachsen. Es ist unter den jetzigen finanziellen und rechtlichen Rahmenbedingungen zu erwarten, dass sich dieser Trend auch in den kommenden Jahrzehnten ähnlich fortsetzt; die Integration von erneuerbaren Energien im Wärmebereich also langsamer als im Strombereich voranschreitet.

Weiterhin weist der Gebäudebereich derzeit nur eine geringe Sanierungsrate von jährlich etwa einem Prozent des Bestandes auf, was rein zahlenmäßig in etwa die Abbruchrate von Gebäuden ausgleicht. Die energetische Sanierungsrate liegt in Deutschland sogar noch unter einem Prozent. Somit schlummern im Gebäudesektor noch enorme Effizienzpotenziale.

Abwärme und Wärme aus niederkalorischen erneuerbaren Energiequellen (Umgebungswärme, Solarthermie) eignet sich besonders gut zur Deckung der Wärmebedarfe in privaten Haushalten. Diese bewegen sich auf einem relativ geringen Temperaturniveau mit ca. 21 °C für die Raumwärme und mit ca. 45 °C für die Trinkwarmwassernutzung. Außerdem hat der Wärmebedarf privater Haushalte den weitaus größten Anteil an den Verbräuchen.

Systemische Lösungen auf Quartiersebene

Für die Erschließung dieser Quellen ist das Quartier oder der Stadtteil häufig der angemessene Maßstab. Hier ließe sich der Anteil der erneuerbaren Energien auch in der Wärmeversorgung deutlich steigern.

Die benötigten Technologien sind überwiegend vorhanden. Für eine zukunftsweisende und innovative Energieversorgung auf Quartiersebene müssen die Versorgungsseite und die Energieanwender stärker als integrale Systeme betrachtet und entsprechende Geschäftsmodelle für den Betrieb der Anlagen erarbeitet werden.

Für eine optimierte Nutzung von vorhandenen Wärmepotenzialen in Städten und Quartieren empfehlen sich auf den verschiedenen Maßstabsebenen unterschiedliche Lösungen:

Auf der Ebene der Einzelgebäude zielen vor allem bedarfssenkende Maßnahmen (z. B. Wärmedämmung) in Kombination mit der Optimierung der möglichen Flächen für die Nutzung von PV- und solarthermischen Anlagen auf eine optimierte Eigenstrom- bzw. Eigenwärmenutzung.

Auf der Quartiersebene steht eine deutlich größere Zahl von technologischen und ökonomisch effizienteren Lösungen zur Verfügung. So kann beispielsweise über Wärmenetze eine verbesserte Ausnutzung der verschiedenen Wärmepotenziale im Verbund durch Installation mehrerer Technologien zur Wärmebereitstellung (Solarthermie, Geothermie, Blockheizkraftwerk, Spitzenlastkessel, ...) und deren Betrieb abhängig von der Angebots- und Bedarfsituation in den Domänen Strom und Wärme erreicht werden.

Zielsetzungen

Auf der Basis der zentralen Herausforderungen der Wärmewende, dass gerade Gebäude und damit Städte die Hauptverbraucher von Energie sind, dass neu zu erstellende Gebäude als Plus-Energie-Gebäude und damit als „kleine Kraftwerke“ gebaut werden sollen, dass die Sanierungsraten und die Effizienz der Energieumwandlung/-nutzung erhöht werden müssen und sich auch aus diesen Gründen neueste Entwicklungen zunehmend auf den Quartiersmaßstab fokussieren, lassen sich die gesteckten Ziele der Bundesregierung für den Wärmebedarf des Gebäudebestands wie folgt zusammenfassen:

- Reduzierung des Wärmebedarfs bis 2020 um 20 %
- Minderung des Primärenergiebedarfs bis 2050 um 80 %
- Verdoppelung der energetischen Sanierungsrate von derzeit etwa 1 % auf 2 %
- Nahezu klimaneutraler Gebäudebestand in 2050

Um diese Ziele erreichen zu können ist für die Wärmewende im Quartier eine Dreifachstrategie erforderlich (siehe [Abbildung 1](#)).

Wie sich diese Strategie angepasst an lokale Bedingungen umsetzen und verwirklichen lässt, zeigen die nachfolgenden Beispiele.

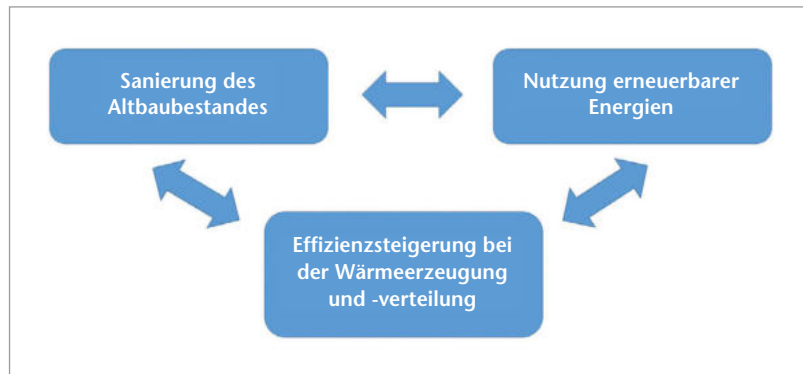


Abbildung 1
Dreifachstrategie
für eine Umsetzung
der Wärmewende im
Quartier

**Beispiel: Neubausiedlung Kassel
„Zum Feldlager“**

In attraktiver Wohnlage entsteht auf einer Fläche der Stadt Kassel ein zukunftsweisendes Baugebiet. Bei der Planung hatten Anforderungen an Städtebau, Klima- und Umweltschutz höchste Priorität. Innerhalb des 11,5 ha großen Bebauungsgebietes werden rund 120 Grundstücke mit rund 180 Wohneinheiten für ca. 400 Bewohner entstehen.

Das entwickelte Wärmeversorgungskonzept für die Siedlung verfolgt drei Ziele:

1. nachhaltige Nutzung von regenerativen Energiequellen
2. Minimierung des Primärenergiebedarfs und der CO₂-Emissionen
3. Vermeidung von Feinstaubemissionen vor Ort

Durch die Kombination von erprobten, untereinander vernetzten Einzelkomponenten aus Solarthermie, oberflächennaher Geothermie und Wärmepumpen ist ein innovatives Gesamtkonzept in enger Kooperation mit lokalen Entwicklungspartnern wie dem Institut für dezentrale Energietechnologien (IdE), der Universität Kassel, der Stadt Kassel, den Städtischen Werken Kassel und dem Fraunhofer IBP entstanden, das vom BMWi gefördert wird.

Das innovative Wärmeversorgungskonzept verknüpft zentrale und dezentrale Wärmeerzeugung. Die Versorgung der Einzelgebäude mit Raumwärme erfolgt über ein Nahwärmenetz, das zentral von einer Wärmepumpe mit Erdwärme gespeist wird.

Abweichend von einem typischen Fernwärmenetz mit Temperaturen zwischen 70 °C und 90 °C kommt das geplante Nahwärmenetz mit einem Niveau von ca. 40 °C aus. Dies reicht für eine verlustarme Versorgung von Flächenheizungen aus und erlaubt eine hocheffiziente Bereitstellung von regenerativer Wärme unter Einsatz einer zentralen Wärmepumpe. Gleichzeitig senkt diese Maßnahme die Wärmeverluste im Netz auf ein Minimum und verursacht geringere Energiekosten. Die zentrale Wärmepumpe

arbeitet ebenfalls sehr effizient bei niedrigen Temperaturen von nur 40 °C. Das für die Trinkwarmwasserbereitung benötigte höhere Temperaturniveau von ca. 45 °C für Einfamilienhäuser und ca. 60 °C für Mehrfamilien- und Mietshäuser wird weitestgehend von dezentralen Einheiten bereitgestellt. Die Wärme kommt dabei zum größten Teil aus solaren Trinkwarmwasseranlagen, die auf den einzelnen Gebäuden vorgesehen sind. Erst bei Ausbleiben dieser solaren Wärme, z. B. in den Wintermonaten, sichert eine elektrische Nachheizung die Warmwasserbereitung.

Dem Erdreich des Erdwärmefeldes wird im Sommer Solarwärme aus unabgedeckten Solarkollektoren sehr kostengünstig zur Regenerierung zugeführt. Mit diesem Konzept können rund zwei Drittel des Primärenergiebedarfs und der CO₂-Emissionen gegenüber einer Wärmeversorgung mit erdgasbetriebenen Brennwertkesseln eingespart werden.



Abbildung 2
Städtebauliches Konzept
für die
Neubausiedlung in
Kassel „Zum Feldlager“
© Stadt Kassel

Vor Ort entstehen keine Feinstaub- oder sonstige luftgetragene Emissionen, weil keine Verbrennung fossiler Energieträger erfolgt.

Für die ökonomische Betrachtung des geosolaren Nahwärmeversorgungskonzeptes wird als Referenzsystem ein dezentraler Gasbrennwertkessel mit Solarthermie zur Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitstellung gegenübergestellt. Die Jahreswärmegestehungskosten setzen sich aus dem Grundpreis (Investitions-, Wartung- und Instandhaltungs-, Bedienungskosten) sowie aus den Energiekosten für den Betrieb der Anlage zusammen.

Der Kostenvergleich beider Systeme zeigt, dass die Jahreswärmegestehungskosten bei der zentralen innovativen Energieversorgungsvariante mit geosolarer Nahwärme im Vergleich zum Referenzsystem sogar geringer sind. Der Betrieb der zentralen Anlage hat höhere Erstinvestitionskosten, benötigt aber bedeutend weniger Energie, was zu (deutlich) geringeren Jahres-Energiekosten (Betriebskosten) führt. Damit unterbietet das geosolare Wärmeversorgungskonzept die Jahreswärmegestehungskosten des Referenzsystems um 5 %.

Der ökologische Vergleich der beiden Wärmeversorgungsvarianten zeigt die Vorteile der zentralen Wärmeversorgung noch deutlicher: Die Nutzung des Brennstoffs Gas in der Referenzvariante hat einen gut 60 % höheren Primärenergiebedarf und die damit verbundenen CO₂-Emissionen als das System mit geosolarer Nahwärme.

Beispiel: Energie-Plus-Siedlung in Wüstenrot

Mit steigender fluktuierender Energieerzeugung steigt der Bedarf an Möglichkeiten zur Zwischenspeicherung von elektrischer Energie. Eine Alternative zu großen Speichern stellt die aktive Nutzung der Speicherkapazitäten und variablen Lasten von Privathaushalten dar.

In der baden-württembergischen Gemeinde Wüstenrot entsteht derzeit eine Energie-Plus-Siedlung mit einem „kalten“ Nahwärmenetz. Dies wird von Erdwärmekollektoren, die auf einer Fläche von 1,5 Hektar unter Acker- und Wiesenflächen verlegt sind, gespeist. Wärmepumpen in den Haushalten bringen das je nach Jahreszeit 5 bis 15 °C kalte Wasser auf das zum Heizen nötige höhere Temperaturniveau. Der Bebauungsplan des Neubaugebiets schreibt für jedes Haus eine PV-Anlage vor.

Je nach Akteur ergeben sich verschiedene Optimierungsstrategien für den Betrieb der Wärmepumpe und der elektrischen Speicher:

- Der Eigentümer der PV-Anlage will den Eigenverbrauch optimieren.

- Der Netzbetreiber will die Spitzeneinspeisung aus den PV-Anlagen je nach Netzbelastung begrenzen.
- Der Lieferant der elektrischen Energie strebt an, die Wärmepumpen abhängig vom Börsenpreis der elektrischen Energie oder dem aktuellen Stromangebot aus Windkraftanlagen zu betreiben.

Im Projekt werden die verschiedenen Optimierungsstrategien verglichen. Es zeigt sich, dass Betriebsweisen von Wärmepumpen und Speichern möglich sind, die allen Akteuren Vorteile bieten und so dem privaten Investor entgegenkommen, das Netz entlasten und der fluktuierenden Erzeugung bis zu einem gewissen Grad folgen.

An dem Vorhaben beteiligt sind unter der Leitung der Hochschule für Technik Stuttgart u. a. die Firmen ads-tec, Dispatch EnergyLiacon-Batteries, Doppelacker, und der Versorger Vattenfall, sowie das Zentrum für Sonnenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) und das ifk der Universität Stuttgart. Das Projekt wird mit großer Unterstützung der Gemeinde Wüstenrot und Förderung des BMWi durchgeführt. Information und aktive Beteiligung sind entscheidende Bausteine für die Bereitschaft der Bürger, die erhöhten Anfangsinvestitionen für Technologien zu erbringen, die im Betrieb an die fluktuierende Erzeugung aus Sonne und Wind angepasst werden können. Geeignete Tarifstrukturen sind für die Amortisation der erhöhten Anfangsinvestition erforderlich.

Systemische Ansätze für die Wärmewende im Quartier

Wie die oben beschriebenen und weitere Beispiele zeigen, sind ganzheitliche Energiekonzepte für eine effiziente und nachhaltige Quartiers-Wärmeversorgung zwingend erforderlich.

Dabei sollte besonders der Strom-Wärme-Kopplung mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. Durch eine intelligente Steuerung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen oder strombetriebenen Wärmeerzeugern, insbesondere Wärmepumpen, ist es möglich, mittelfristig größere Anteile von erneuerbaren Energien in eine zukünftige Wärmeversorgung für Gebäude effizient einzubinden.

In diesem Zusammenhang ist auch der Biomasse als leicht speicherfähigem Energieträger Aufmerksamkeit zu schenken. In Ergänzung und im Verbund der erneuerbaren Energieoptionen fungiert Biomasse als Lückenfüller und Versorgungsstabilisator sowohl im Strom- als auch im Wärmesektor mit vorhandenen und neu zu entwickelnden Brennstoff-Energieversorgungs-Pfaden. Reine Bioenergie-Quartiere oder Bioenergie-dörfer scheinen dagegen für die Zukunft nur sehr bedingt zielführend.

In der konkreten Planung treten oft Spannungsfelder für die Wahl von Technologieoptionen zutage. So stellt sich in frühen Projektphasen die Frage nach der Wahl der Wärmeversorgungstechnologie. Soll man eher auf eine zentrale Versorgung über ein effizient aber mit höheren Investitionskosten einhergehendes Wärmenetz setzen oder auf flexible Einzelheizungen? Inwieweit kann die lokale Erzeugung mit Hilfe von erneuerbaren Energien gesteigert werden oder soll man sich eher auf verbrauchsreduzierende Maßnahmen, wie Wärmedämmung, fokussieren? Ist es sinnvoller den Anteil der erneuerbaren Energien zu maximieren oder vermehrt auf Kraft-Wärme-Kopplungstechnologien setzen? Sind moderne sogenannte Power-to-Heat Anwendungen sinnvoll oder inwieweit kann es die direkte Wärmeerzeugung aus Strom sein?

Um diese Fragen für die beteiligten Akteure wie Energieversorger, Planer, Wohnbaugesellschaften und Hausbesitzer beantworten zu können, werden neue Bewertungsinstrumente benötigt. Hierbei liefern Werkzeuge mit einer zeitlich hochaufgelösten Modellierung des Strom-Wärme-Quartiersystems wertvolle Erkenntnisse. Aber auch einfachere Potenzialbewertungstools auf Basis von Typologiekennwerten sind besonders für die Entscheidungen im frühen Entwurfsprozess hilfreich. Weiterhin ist eine Entwicklung von Instrumenten für die ganzheitliche Bewertung von Quartiers-Energiesystemen nötig. Darüber hinaus schaffen gerade kommunale Wärmepläne die Grundlage für eine langfristig angelegte, zielgerichtete und kosteneffiziente Wärmeversorgung unter Berücksichtigung einer langfristigen Gebäudesanierungsstrategie, der lokalen Potenziale von zum Beispiel Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, erneuerbaren Energien, Abwärme und der bestehenden Infrastrukturen. Dies soll möglichst unter Einbindung aller wesentlichen Akteure zur Verankerung einer nachhaltigen Energieversorgung als kommunale Daseinsvorsorge, zur optimalen Verzahnung von energetischer Gebäudesanierung und effizienter bzw. zweckmäßigster Restwärmeversorgung, zur Schaffung von Investitionssicherheit und langfristig kalkulierbaren Wärmekosten sowie zu einem koordinierten Ausbau bzw. Rückbau von Infrastrukturen führen.

Fazit

Zusammenfassend kann die Vielzahl der angesprochenen Aspekte für eine erfolgreiche Wärmewende im Quartier mit einigen Punkten beschrieben werden:

- Die größten Aufgaben und Herausforderungen liegen im Bestand. Unsere zukünftigen Städte und Quartiere existieren zumeist heute schon und haben teilweise einen recht großen Wärmebedarf.
- Gerade im Quartiersmaßstab lassen sich insbesondere Niedertemperaturwärmequellen effizient nutzen. Hierdurch können bisher ungenutzte Potenziale für eine zukünftige Wärmeversorgung erschlossen werden.
- Die Betrachtung des weiteren Ausbaus der erneuerbaren Energien muss Hand in Hand mit einer weiteren Effizienzsteigerung der Energienutzung erfolgen und beides muss zusammen betrachtet werden.
- Die sicherlich größten Herausforderungen stellen sich mit der Integration aller Teilsysteme in einem zukünftigen Energiesystem dar. Diese kann mittels Vernetzung der Einzeltechnologien und über moderne Planungswerkzeuge, wie beispielsweise kommunale Wärmepläne und Potenzialbewertungstools, vorangebracht werden.

Literatur

- Sager-Klauss C. (2015): Stadt der Zukunft – Auf dem Weg zur Morgenstadt. In: Immozeit, Heft 2, 24. Jahrgang. S. 16–19.
- Nitsch, J. et. al. (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht. Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
- Stadt Kassel (2015): Zum Feldlager – Planung einer zeitgemäßen Siedlung. Herausgeber: Kassel documenta Stadt, Dezernat Verkehr, Umwelt Stadtentwicklung und Bauen Stadtplanung, Bauaufsicht und Denkmalschutz, Abteilung Stadtplanung.
- Pietruschka, D., Kluge, J. (2013): Kalte Nahwärme: agrothermische Wärmeversorgung einer Plusenergiesiedlung, bbr (03-2013), S. 58–63
- BMWi-Forschungsinitiative Energieeffiziente Stadt (EnEff:Stadt): Website der Forschungsinitiative mit vielen Pilotprojekten und Technologien für energieeffiziente Quartiere. www.eneff-stadt.info
- Erhorn-Kluttig, H., Erhorn, H (2016): Energetische Bilanzierung von Quartieren. Ergebnisse und Benchmarks von Pilotprojekten – Forschung zur energieeffizienten Stadt. Schriftenreihe EnEff:Stadt. Fraunhofer IRB Verlag. ISBN 978-3-8167-9629-9.
- Erhorn-Kluttig, H. et. al. (2013): Der Energiekonzeptberater für Stadtquartiere. Ein Potenzialbewertungstool aus der Forschungsinitiative EnEff:Stadt. Schriftenreihe EnEff:Stadt. Fraunhofer IRB Verlag. ISBN 978-3-8167-9139-3.