

Darstellung unterschiedlicher Wärmeversorgungsmöglichkeiten

Wärmeversorgung Technologie Screening



Stand 07/2025

Herausgeber: Gertec Ingenieurgesellschaft GmbH

Inhaltsverzeichnis

1	Übersicht	3
2	Die zentrale Versorgung	5
2.1	Holzhackschnitzel	5
2.2	KWK mit Erdgas	5
2.3	KWK mit Biomethan	6
3	Die dezentrale und zentrale Versorgung	8
3.1	Solarthermie	8
3.2	Holzpellets	8
3.3	Erdgas	9
4	Die zentrale und dezentrale Versorgung über kalte Nahwärme	10
4.1	Wärmepumpe Luft	11
4.2	Erdwärmepumpe (Sole-Wasser-Wärmepumpe)	12
4.3	Wärmepumpe Brunnen/Grundwasser	12
4.4	Wärmepumpe Gewässer	12
4.5	Wärmepumpe Abwasser	12
4.6	Wärmepumpe Eisspeicher	12
5	Zusätzliche Begriffserläuterungen in der Energieerzeugung	14
5.1	Nahwärmenetz/Fernwärmeanschluss	14
5.2	Kalte Nahwärme	14
5.3	Wasserstoff	14
5.4	Speicherung	15

1 Übersicht

Die effektive Planung und Implementierung von Technologien zur Wärmeversorgung spielen eine entscheidende Rolle in der kommunalen Infrastruktur. Angesichts der steigenden Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel und der Notwendigkeit, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, gewinnt die Auswahl und Integration von Technologien für die Wärmeversorgung zunehmend an Bedeutung. Dieses Technologie-Screening-Kapitel bietet einen umfassenden Überblick über verschiedene Wärmeversorgungstechnologien, einschließlich ihrer Kosten, Treibhausgasemissionen und Potenziale. Durch die Analyse dieser Aspekte können kommunale Entscheidungsträger fundierte Entscheidungen treffen und strategische Maßnahmen zur Erreichung ihrer Klimaziele entwickeln. Aber auch private Gebäudebesitzer*innen können sich einen sehr guten Überblick über dezentrale klimafreundliche Heizsysteme verschaffen. Im Folgenden werden die verschiedenen Technologien, ihre wirtschaftlichen und umweltbezogenen Auswirkungen sowie ihre potenziellen Anwendungen näher erläutert.

Zunächst werden über den Versorgungsbereich drei Kategorien definiert. Diese werden in [Abbildung 1](#) dargestellt und mit den zugehörigen Versorgungseinheiten versehen.

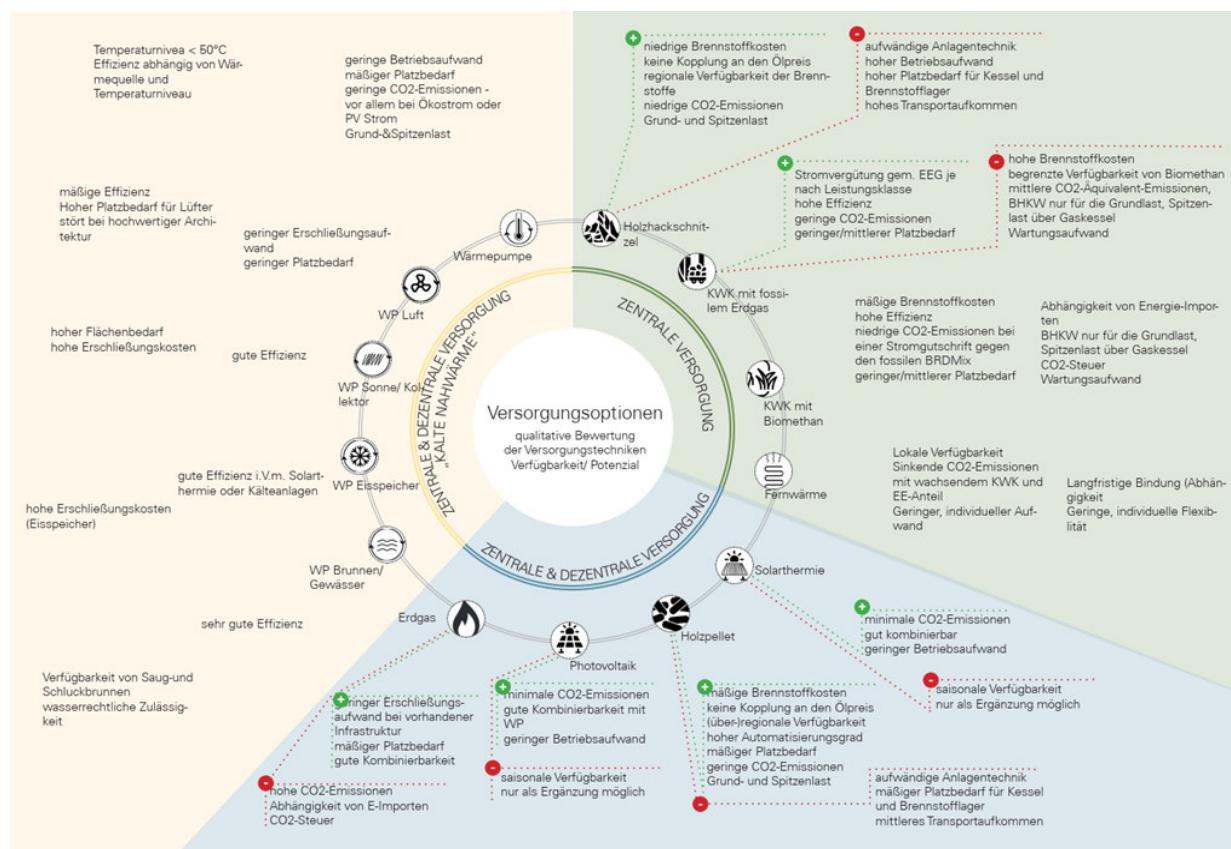


Abbildung 1 Eine Zusammenstellung der Wärmeerzeugungsoptionen, unterteilt in zentrale Versorgung, zentrale und dezentrale Versorgung und zentrale und dezentrale Versorgung „kalte Nahwärme“. [Gertec]

Die [Tabelle 1](#) liefert einen Überblick über die gängigen Wärmeerzeugungseinheiten mit ihren Vor- und Nachteilen. Im Folgenden wird intensiver auf die einzelnen Kategorien „zentrale Versorgung“, „zentrale und dezentrale Versorgung“ und „zentrale und dezentrale Versorgung „kalte Nahwärme““ und ihre zugehörigen Versorgungsoptionen eingegangen.

Heizsystem	Langfristig zukunfts-fähig	Haupt-system	Hybrid-fähig	Emissions-arm	System-effizienz	Geringe Anschaffungs-kosten	Geringe Betriebs-kosten	Geringer Platz-bedarf
Holzhack-schnitzel	!	✓	!	!	✓	✗	!	✗
KWK mit Erdgas	✗	✓	✓	✗	✓	!	!	!
KWK mit Biogas	!	✓	✓	✓	✓	✗	!	!
Solar-thermie	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Holzpellets	!	✓	!	!	✓	!	!	✗
Erdgas	✗	✓	✓	✗	✓	✓	!	✓
Wärme-pumpe (Ökostrom)	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓

Tabelle 1 Qualitative Bewertung der Heiztechnologien.

Legende: ✓ trifft zu; ! teilweise zutreffend; ✗ nicht zutreffend

2 Die zentrale Versorgung

Die zentrale Versorgung konzentriert sich auf die Bereitstellung von Wärme mittels zentraler Wärmequelle, welche über ein Netzwerk von Rohren oder Leitungen zu verschiedenen Verbrauchern transportiert wird. Die Wärme wird typischerweise von (großen) Heizkraftwerken oder Fernwärmeanlagen erzeugt. Eine Möglichkeit der zentralen Wärmeversorgung stellen Müllverbrennungsanlagen dar, die laut Wärmeplanungsgesetz als unvermeidbare Abwärme gelten. Diese Methode bietet oft Skaleneffekte und Effizienzvorteile durch die Nutzung von Abwärme oder erneuerbaren Energiequellen. Es ist besonders geeignet für dicht besiedelte städtische Gebiete, in denen viele Verbraucher von einer einzigen Quelle aus versorgt werden können.

2.1 Holzhackschnitzel

Holzhackschnitzel sind, unter gewissen Voraussetzungen, eine vielversprechende Biomassequelle, die in der Energieerzeugung eine wichtige Rolle spielen. Ihr Einsatz bietet zahlreiche Vorteile, darunter niedrige Brennstoffkosten und eine Unabhängigkeit von den Schwankungen der Öl- und Gaspreise. Jedoch ist die Verfügbarkeit des Brennstoffs von den regionalen Gegebenheiten abhängig. Holzhackschnitzel zeichnen sich durch niedrige CO₂-Emissionen aus, was einen positiven Beitrag zum Klimaschutz leistet.

Allerdings ist die Nutzung von Holzhackschnitzeln auch mit einigen Herausforderungen verbunden. Insbesondere die Holzwirtschaft von Monokulturwäldern steht in Konflikt mit Natur- und Artenschutz. Die Anlagentechnik zur Verbrennung dieser Biomasse ist oft aufwändig und erfordert spezielle Vorrichtungen. Der Betriebsaufwand ist hoch und die Anlagen sind wartungsintensiv, was zusätzliche Kosten verursacht. Ein weiterer Nachteil ist der hohe Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager, was insbesondere in urbanen Gebieten zu logistischen und räumlichen Problemen führen kann. Zudem ist das Transportaufkommen für die Holzhackschnitzel zu den Kraftwerken nicht zu vernachlässigen und hat ökonomische sowie ökologische Auswirkungen.

In Anbetracht der Chancen und Hemmnisse bieten sich Holzhackschnitzel vor allem zur Verwertung von Holz-Reststoffen an. Ist dies gegeben, bilden Holzhackschnitzel eine attraktive Option für die Energieerzeugung, da sie grund- und spitzenlastfähig sind und somit flexibel eingesetzt werden können.

2.2 KWK mit Erdgas

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist eine etablierte Technologie zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme, die unter anderem in Blockheizkraftwerken (BHKW) eingesetzt wird (siehe Abbildung 2). Als Brennstoff dient z.B. Erdgas. Die KWK bietet eine effiziente Möglichkeit, Energie bereitzustellen und trägt zur Reduzierung der CO₂-Emissionen, auf Grund des höheren Wirkungsgrades durch die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme, bei. Die Vergütung für den erzeugten Strom erfolgt gemäß dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), wobei die Höhe der Vergütung von der Leistungsklasse der Anlage abhängt. Diese Form der Energieerzeugung zeichnet sich durch ihre hohe Effizienz aus und benötigt vergleichsweise wenig Platz, was insbesondere in urbanen Gebieten von Vorteil ist.

Trotz ihrer Vorteile gibt es jedoch auch Herausforderungen bei der Nutzung von Erdgas in der KWK. Die Brennstoffkosten sind hoch und es besteht eine Abhängigkeit von Erdgasimporten, was die nationale und nachgelagert die lokale Energieversorgungssicherheit beeinträchtigen kann. BHKW sind grundlastfähig, aber für die Spitzenlastversorgung sind i.d.R. zusätzliche Gaskessel erforderlich. Die Anlagen sind wartungsintensiv, was zusätzliche Betriebskosten verursacht, und es wird erwartet, dass die Kosten durch eine wachsende CO₂-Besteuerung weiter steigen.

Insgesamt bleibt die KWK mit Erdgas eine wichtige Option für eine effiziente Energieerzeugung, insbesondere für Gebiete und Anwendungsbereiche, in denen eine gleichzeitige Bereitstellung von Strom und Wärme gefragt ist. Durch kontinuierliche Innovation und die Integration von erneuerbaren Energien (grüner Wasserstoff) kann die Effizienz und Klimavereinbarkeit dieser Technologie langfristig weiter verbessert werden, um den zukünftigen Herausforderungen im Energiesektor gerecht zu werden.

2.3 KWK mit Biomethan

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit Biomethan bietet eine vielversprechende Möglichkeit zur umweltfreundlichen Energieerzeugung. Die Brennstoffkosten sind moderat und Biomethan weist im Vergleich zu fossilen Brennstoffen geringere CO₂-Emissionen auf. Dies führt zu einer Stromgutschrift gegenüber dem fossilen Strommix und trägt somit zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen bei. Zudem benötigen Biomethan-BHKW sowie Erdgas-BHKW einen geringeren Platzbedarf, was ihre Integration in verschiedene Umgebungen erleichtert.

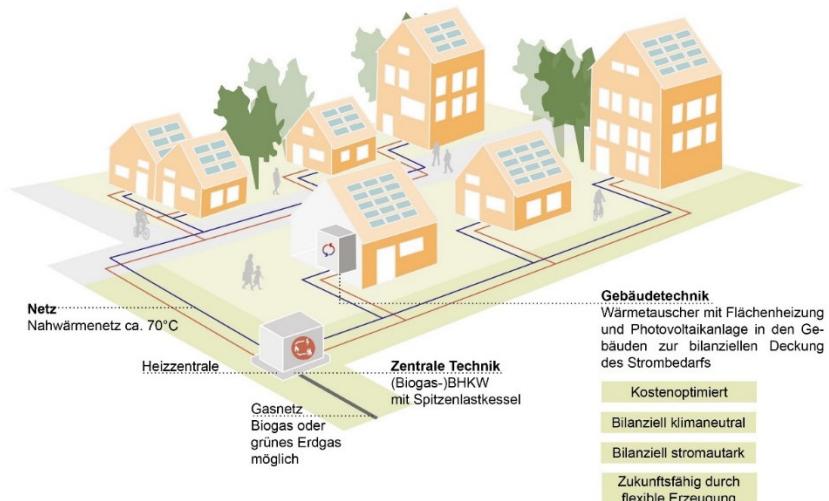


Abbildung 2 Schematische Darstellung der Integration von BHKW mit Gasanschluss und einer Einspeisung in ein Nahwärmenetz. Eine zusätzliche Anpassung der Gebäudetechnik an die Wärmeversorgungsart bietet sich an. [Gertec]

Allerdings besteht bei der Nutzung von Biomethan in der KWK ebenfalls eine Abhängigkeit von Energieimporten, was die Versorgungssicherheit beeinträchtigen kann. Sinnvoll ist die Anwendung daher insbesondere in räumlicher Nähe von landwirtschaftlichen Betrieben, bei denen Gülle anfällt oder Energiepflanzen angebaut werden. Außerdem sind die Anlagen in der Regel nur für die Grundlast ausgelegt, während für die Spitzenlastversorgung zusätzliche Gaskessel erforderlich sind. Des Weiteren wird die Wirtschaftlichkeit der Biomethan-KWK durch eine perspektivische CO₂-Steuer negativ beeinflusst, was zu höheren Betriebskosten führen kann. Die CO₂-Steuer verteuert fossile Brennstoffe wie Heizöl und Erdgas, um den CO₂-Ausstoß zu verringern und den Klimaschutz zu fördern. Der Preis pro Tonne CO₂ steigt schrittweise an und wird ab 2027 durch den Emissionshandel bestimmt. Trotz dieser Herausforderungen bleibt Biomethan eine vielversprechende Alternative zu fossilen Brennstoffen und kann mit weiteren technologischen Entwicklungen und politischen Maßnahmen zur Förderung erneuerbarer Energien einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten.

3 Die dezentrale und zentrale Versorgung

Die Kategorie „Zentrale & dezentrale Versorgung“ umfasst Wärmeerzeugungseinheiten, die die Möglichkeit bieten, sowohl Wärmenetze als auch einzelne Objekte zu beheizen. Auch hier kann wie in der vorherigen Kategorie eine Erzeugungseinheit genutzt werden, um Gebiete mit hohen Wärmebedarfsdichten zu versorgen. Oder der Wärmeerzeuger wird ausgelegt, um ein einzelnes oder mehrere zusammenhängende Gebäude zu beheizen.

3.1 Solarthermie

Solarthermische Anlagen (STA) spielen eine entscheidende Rolle bei der Reduzierung von CO₂-Emissionen im Wärmesektor, da sie die thermische Energie der Sonne nutzen, um Wärme zu erzeugen. Diese Technologie verursacht im Betrieb keine direkten Treibhausgasemissionen. Geringe Emissionen entstehen lediglich durch Herstellung, Transport und ggf. Hilfssysteme, wie Pumpen. Solarthermische Anlagen sind darüber hinaus gut kombinierbar mit anderen Energiesystemen, insbesondere mit Wärmepumpen oder Biomassekesseln, was zu einer weiteren Reduzierung der Umweltauswirkungen führt.

Die saisonale Verfügbarkeit der Solarthermie stellt jedoch eine Herausforderung, insbesondere in gemäßigten Klimazonen wie Mitteleuropa, dar. Während sie in den sonnenreichen Monaten - z.B. für die Trinkwarmwasserbereitung - effektiv genutzt werden kann, können solarthermische Anlagen in den Wintermonaten gewöhnlich nicht genügend Wärme erzeugen. Um dieser Einschränkung entgegenzutreten sind Wärmespeicher eine Option. Wärmespeicher sind in der Lage, die im Sommer erzeugte Wärme bis in den Winter zu speichern. Ohne Wärmespeicher agieren sie oft nur als Ergänzung zur konventionellen Heizung, oder werden durch Wärmespeicher zeitlich gepuffert. Dies unterstreicht die Bedeutung einer diversifizierten Energiequellenkombination, um die Zuverlässigkeit der Energieversorgung zu gewährleisten. Des Weiteren stehen solarthermische Anlagen vor den Herausforderungen eines Flächen- und Nutzungskonflikts, insbesondere mit der heute ökonomischeren Dachflächen-Photovoltaik in Kombination mit einer Wärmepumpe.

3.2 Holzpellets

Holzpellets bieten – ebenso wie Holzhackschnitzel – unter gewissen Voraussetzungen eine Option für die emissionsarme Energieerzeugung, mit einer Reihe von Vorteilen. Ihre mäßigen Brennstoffkosten machen sie zu einer wirtschaftlichen Alternative, insbesondere im Vergleich zu fossilen Brennstoffen wie Gas. Ihre Unabhängigkeit vom Gaspreis trägt zur Stabilität der Kosten bei und mindert das Risiko von Preisschwankungen. Jedoch sind Holzpellets nur dann eine sinnvolle Möglichkeit, wenn eine regionale Verfügbarkeit durch Holz-Reststoffe vorliegt.

Der hohe Automatisierungsgrad bei der Nutzung von Holzpellets erleichtert den Betrieb und reduziert den Arbeitsaufwand für die Anlagenbetreiber. Trotz ihrer kompakten Größe haben Pelletanlagen einen mäßigen Platzbedarf, was ihre Integration in verschiedene Umgebungen erleichtert. Darüber hinaus weisen Holzpellets im Vergleich zu fossilen Brennstoffen geringe CO₂-Emissionen auf, was zu einer Reduzierung der Umweltbelastung beiträgt. Sie sind grund- und spitzenlastfähig und können somit flexibel an die Bedürfnisse des Energiemarktes angepasst werden.

Allerdings erfordert die Anlagentechnik zur Verbrennung von Holzpellets einen gewissen Aufwand, was sich in höheren Anfangsinvestitionen niederschlagen kann. Auch wenn der Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager moderat ist, müssen dennoch entsprechende Flächen zur Verfügung stehen. Das Transportaufkommen für

Holzpellets ist mit denen anderer Brennstoffe vergleichbar. Insgesamt bieten Holzpellets unter den richtigen Voraussetzungen eine vielversprechende Option für eine nachhaltige und wirtschaftliche Energieerzeugung, die zur Dekarbonisierung des Energiesektors beiträgt.

3.3 Erdgas

Erdgas ist die in Deutschland am weitesten verbreitete Energiequelle zum Heizen, die aufgrund ihrer vorhandenen Infrastruktur mit geringem Erschließungsaufwand genutzt werden kann. Diese Infrastruktur ermöglicht eine schnelle Verfügbarkeit und reduziert die Investitionskosten erheblich. Zudem benötigen Anlagen zur Erdgasverbrennung einen vergleichsweise geringen Platzbedarf, was die Integration in verschiedene Umgebungen erleichtert und Flexibilität bei der Standortwahl bietet.

Die gute Kombinierbarkeit von Erdgas mit verschiedenen Technologien zur Energieerzeugung ermöglicht eine vielseitige Nutzung, sei es in der Strom- oder Wärmeproduktion. Jedoch werden bei der Verbrennung CO₂-Emissionen freigesetzt, was sich negativ auf die Umweltfreundlichkeit auswirkt. Die Abhängigkeit von Energieimporten kann zudem die Versorgungssicherheit beeinträchtigen, während die Einführung der CO₂-Steuer die Kosten für Erdgas in Zukunft erhöhen wird. Daher hat Erdgas zum Heizen in Deutschland keine langfristige Zukunft, weder aus klimapolitischer noch aus rechtlicher Sicht. Kurzfristig bleibt es noch Teil des Übergangs.

4 Die zentrale und dezentrale Versorgung über kalte Nahwärme

Unter „zentrale und dezentrale Versorgung: kalte Nahwärme“ werden die Versorgungsoptionen geführt, die sich durch eine besonders geringe Vorlauftemperatur auszeichnen (siehe [Abbildung 3](#)). Sie können entweder direkt einzelne Gebäude mit Raumwärme und Warmwasser versorgen oder über kalte Nahwärmennetze Gebiete mit einem Wärmeträger mit konstanter und niedriger Temperatur versorgen. Wärmepumpen gelten in der Regel bei einer Temperatur von bis zu 55 °C als besonders effizient und sind geeignet zur Raumwärme- und Warmwassererzeugung. Höhere Temperaturen sind zwar erreichbar, hierbei kann jedoch die Effizienz sinken. Durch kalte Nahwärmennetze (Wärmenetze der 5. Generation) wird ein Trägermittel mit einer Temperatur von maximal 20 °C geleitet. Das hat den Vorteil, dass das Temperaturgefälle vom Trägermittel zur Umgebung im Normalfall sehr gering ist, was zu einer konstanten Temperatur, geringen Verlusten und somit einer hohen Effizienz des Netzes führt. Der Nachteil dieser Netze ist die zusätzliche Installation von Wärmepumpen an jeder Abnahmestelle, um das ca. 10 °C kalte Wärmeträgermedium mittels Wärmepumpen auf ein notwendiges Temperaturniveau von etwa 50 °C anzuheben.

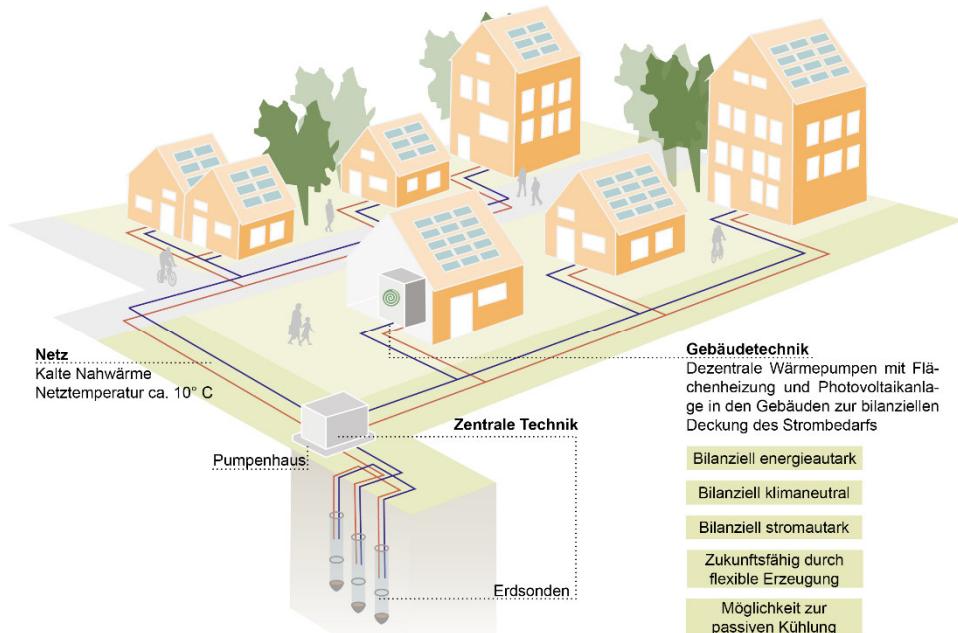


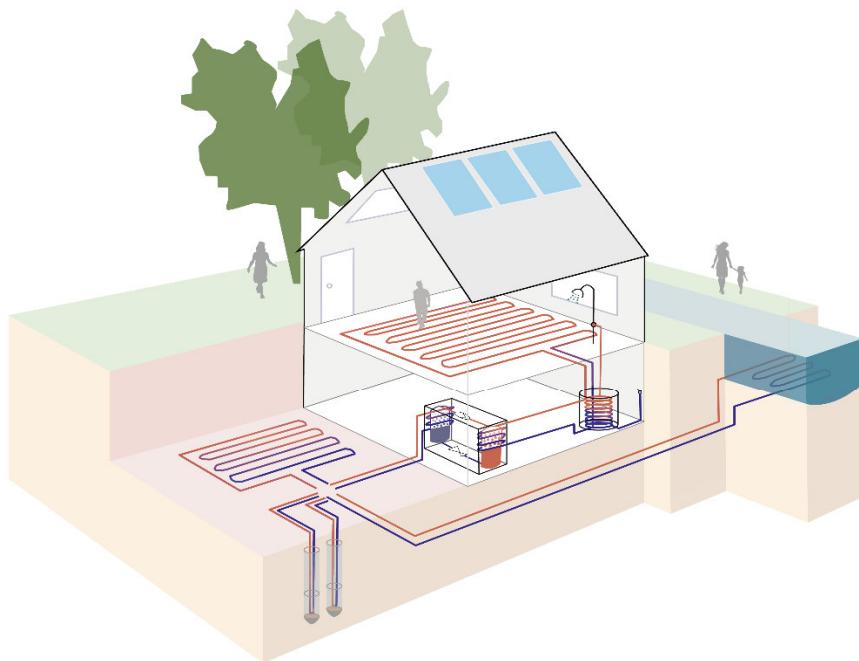
Abbildung 3 Schematischer Aufbau einer Siedlung versorgt durch ein kaltes Nahwärmennetz, potenzielle Energieautarkie durch die Integration von Photovoltaik und Energiespeichern. [Gertec]

Wärmepumpen sind eine effiziente Technologie zur Wärmeerzeugung, die Umgebungswärme nutzt und durch elektrische Energie auf ein nutzbares Niveau hebt, wie in [Abbildung 4](#) beispielhaft dargestellt. Dadurch können – je nach verwendetem Wärmeträgermedium – aus einer Kilowattstunde Strom etwa 3 bis 5 Kilowattstunden Wärme erzeugt werden. Dieser Zusammenhang wird durch die sogenannte Jahresarbeitszahl (JAZ) beschrieben, die angibt, wie viel Wärme eine Wärmepumpe im Jahresdurchschnitt pro eingesetzter Kilowattstunde Strom liefert – ein zentraler Maßstab für die Effizienz im realen Betrieb. Unterschiedliche Arten von Wärmepumpen werden in [Tabelle 2](#) verglichen.

Diese hohe Effizienz macht Wärmepumpen zu einer attraktiven Option für die Beheizung von Gebäuden. Sie zeichnen sich durch einen geringen Betriebsaufwand aus und haben im Vergleich zu anderen Heizsystemen einen geringen Platzbedarf, was eine flexiblere Installation ermöglicht.

Ein weiterer Vorteil von Wärmepumpen sind die geringen CO₂-Emissionen beim Betrieb mit Ökostrom oder Strom aus Photovoltaikanlagen. Dadurch tragen sie zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen bei und sind eine umweltfreundliche Alternative zu konventionellen Heizmethoden. Darüber hinaus sind Wärmepumpen sowohl für die Grundlast als auch für die Spitzenlast geeignet, was ihre Flexibilität in der Anwendung unterstreicht. Allerdings ist zu beachten, dass Wärmepumpen nur ein geringes Temperaturniveau von bis zu 55 °C besonders effizient erzeugen können und ihre Effizienz stark von der Wärmequelle und dem erforderlichen Temperaturniveau abhängt.

Dennoch bieten alle Arten von Wärmepumpen eine nachhaltige und effiziente Möglichkeit zur Wärmeerzeugung, wobei die Wahl der geeigneten Variante von den individuellen Gegebenheiten und Anforderungen des Standorts abhängt.



GERTEC
Quellen: Bierenscheer, Veröffentlichungen 121-04-15

Abbildung 4 Aufbau einer Wärmepumpen-Versorgung eines Hauses mit der Wärmequelle Erdsonde oder wenn verfügbar einem nahegelegenen Gewässer. [Gertec]

4.1 Wärmepumpe Luft

Die Luft-Wärmepumpe bietet den Vorteil eines geringen Erschließungsaufwands und benötigt wenig Platz, was sie besonders für kleinere Grundstücke attraktiv macht. Zudem ist das Wärmeträgermedium Luft immer vorhanden. Die Effizienz einer Wärmepumpe, welche die Luft als Wärmequelle nutzt, ist im Vergleich zu anderen Wärmequellen etwas geringer und benötigt mehr Platz als beispielsweise Erdwärmepumpen. Ein Nachteil der Luft-Wärmepumpe ist der Geräuschpegel, der bei einer Entfernung von 3 Metern ca. 45 dB beträgt. Dies kann in dicht besiedelten Gebieten bei der Aufstellung der Außeneinheiten relevant werden. Durch den geringen Erschließungsaufwand ist die Luft-Wärmepumpe immer noch die gängigste Art von Wärmepumpen, dabei ist auch anzumerken, dass diese immer weiterentwickelt wird und dabei immer effizienter als auch leiser wird.

4.2 Erdwärmepumpe (Sole-Wasser-Wärmepumpe)

Erdwärmepumpen nutzen die im Boden gespeicherte Sonnenenergie. Über ein geschlossenes Rohrsystem – entweder als senkrechte Erdsonden oder als horizontale Flächenkollektoren – wird eine frostsichere Flüssigkeit (Sole) durch den Boden gepumpt. Dabei nimmt sie die dort gespeicherte Wärme auf, die anschließend über einen Wärmetauscher auf ein Heizsystem übertragen wird. Da die Bodentemperatur in tieferen Schichten ganzjährig relativ konstant bleibt (ca. 8-12 °C), arbeitet die Erdwärmepumpe besonders effizient und witterungsunabhängig. Allerdings erfordert die Installation von Erdsonden Tiefenbohrungen von 40 bis 100 Meter, was sowohl genehmigungspflichtig als auch kostenintensiv ist. Flächenkollektoren benötigen hingegen viel Platz in frostfreier Tiefe (etwa 1,2-1,5 m) und eignen sich daher eher für Neubauten mit großen Außenflächen.

4.3 Wärmepumpe Brunnen/Grundwasser

Diese Wärmepumpe entzieht dem Grundwasser Wärme, die ganzjährig eine relativ konstante Temperatur von etwa 8-12 °C aufweist. Über einen Förder- und einen Schluckbrunnen wird das Wasser zum Wärmetauscher geführt, dort abgekühlt und anschließend wieder in den Boden zurückgeleitet. Die gleichbleibende Quellentemperatur sorgt für eine besonders hohe Effizienz, was sie für größere Gebäude oder Neubauten mit hohem Wärmebedarf attraktiv macht. Aufgrund der aufwendigen Genehmigung und der technischen Anforderungen an Wasserqualität und Flurabstand ist diese Technologie jedoch nicht überall realisierbar.

4.4 Wärmepumpe Gewässer

Die Gewässer-Wärmepumpe nutzt die im Wasser von Seen, Flüssen oder Teichen gespeicherte Umweltwärme, um Gebäude zu beheizen oder Warmwasser bereitzustellen. Über Wärmetauscher, die im oder am Gewässer installiert werden, wird dem Wasser thermische Energie entzogen und an das Heizsystem übertragen. Da Wasser eine hohe spezifische Wärmekapazität besitzt und seine Temperatur im Jahresverlauf relativ stabil bleibt, erreicht diese Technologie eine hohe Effizienz. Besonders vorteilhaft ist sie in Gewässernähe bei Neubauten oder Quartierslösungen. Allerdings sind technische Auflagen sowie wasserrechtliche Genehmigungen erforderlich, was die Planung und Umsetzung aufwändiger gestaltet.

4.5 Wärmepumpe Abwasser

Abwasser-Wärmepumpen nutzen die Wärmeenergie, die im Abwasser von Haushalten oder Industrieanlagen steckt – zum Beispiel aus Duschen, Waschmaschinen oder Spülwasser. Über spezielle Wärmetauscher in der Kanalisation oder im Gebäudeinneren wird diese Energie aufgenommen und zum Heizen oder zur Warmwasserbereitung genutzt. Besonders in größeren Gebäudekomplexen oder Quartieren mit konstantem Abwasseraufkommen bietet diese Technologie ein hohes Effizienzpotenzial. Die Nutzung erfordert jedoch eine detaillierte Planung und oft die Kooperation mit lokalen Abwasserbetrieben, da Eingriffe in die Kanalstruktur notwendig sein können. Des Weiteren ist die Begrenzung der Temperaturabsenkung zu beachten, sodass Prozesse in den Abwasserbetrieben nicht gestört werden.

4.6 Wärmepumpe Eisspeicher

Die Eisspeicher-Wärmepumpe nutzt die latente Wärmeenergie, die beim Gefrieren von Wasser freigesetzt wird. Im Zentrum steht ein unterirdischer Wassertank (der sogenannte Eisspeicher), aus dem über Wärmetauscher

thermische Energie entnommen wird. Die Wärmepumpe entzieht dem Wasser nach und nach so viel Energie, dass es zu Eis gefriert – dabei wird eine große Menge Wärme frei, die effizient zum Heizen genutzt werden kann. Der Speicher wird zusätzlich durch Umweltwärme aus der Luft und Solarabsorber (Kollektoren, die Wärme aus der Sonneneinstrahlung gewinnen) regeneriert, wodurch das System ganzjährig betrieben werden kann.

Eisspeicher-Wärmepumpen bieten eine gute Effizienz, insbesondere, wenn sie in Verbindung mit Solarthermie oder Kälteanlagen eingesetzt werden. Allerdings sind die Erschließungskosten für einen Eisspeicher in der Regel hoch, was die Investition zunächst teurer machen kann.

Typ	Wärmequelle	JAZ	Geeigneter Gebäudetyp	Platzbedarf	Erschließungsaufwand	Investitions-kosten	Betriebs-kosten
Luft	Umgebungs-luft	2,5–3,5	Einfamilien-haus, gut gedämmter Bestand	Gering	Niedrig (Aufstellung außen)	Gering–Mittel	Mittel
Erdwärme	Erdreich (Sonde/ Kollektor)	3,5–4,5	Neubau, Ein- oder Mehrfamilien-haus mit Gartenfläche	Mittel–Hoch	Hoch (Bohrung/ Flächenbedarf)	Hoch	Gering
Grund-wasser	Grundwasser (Brunnen)	4,0–5,0	Neubau, größere Gebäude, Gewerbe	Mittel	Hoch (2 Brunnen + Genehmigung)	Hoch	Gering
Gewässer	Fließ-/Still-gewässer	4,0–5,0	Nähe zu Seen/Flüssen, Quartiere	Mittel	Mittel–Hoch (Genehmigung nötig)	Hoch	Gering
Abwasser	Abwasser (z. B. aus Kanal)	4,0–5,0	Quartiere, Mehrfamilien-haus, Gewerbe	Hoch	Hoch (technisch & genehmigungs-intensiv)	Hoch	Gering
Eisspeicher	Latente Wärme im Eisspeicher	3,5–4,5	Neubau, Mehrfamilien-haus, Gewerbe, Nahwärme	Hoch (Speichergröße)	Hoch (Bau Eisspeicher + WP)	Hoch	Gering–Mittel

Tabelle 2 Vergleich von Wärmepumpentechnologien. Jahresarbeitszahl (JAZ): Höher = effizienter. Werte können je nach Anlagenplanung stark variieren.

5 Zusätzliche Begriffserläuterungen in der Energieerzeugung

5.1 Nahrwärmenetz/Fernwärmeanschluss

Das Temperaturniveau in einem Nahrwärmenetz liegt typischerweise bei $> 70^{\circ}\text{C}$ und wird in Kombination mit Aggregaten hoher Vorlauftemperaturen verwendet (z. B. BHKW oder Holzkessel). In Neubaugebieten, welche Gebäude mit hohen Energieeffizienzstandards aufweisen, ist eine Temperatur von $> 70^{\circ}\text{C}$ für Heizkreisläufe oftmals nicht mehr notwendig. Flächenheizsysteme sind für geringere Temperaturen ausgelegt. Um weiterhin die hygienische Trinkwassererwärmung sicherzustellen ist ggf. eine dezentrale Erwärmung notwendig. Zusätzlich bietet die Netzdimensionierung auf Basis einer geringeren Temperatur eine Technologieoffenheit für die Zukunft. Entsprechend wird das Nahrwärmenetz hierbei auf eine Temperatur von $< 50^{\circ}\text{C}$ ausgelegt. Man spricht dann von einem LowEx-Netz.

5.2 Kalte Nahrwärme

Ein kaltes Nahrwärmenetz wird aufgrund der geringen Netztemperatur (ca. 10°C) als kalt bezeichnet. Der Vorteil dieses Netztyps sind die ausbleibenden Netzverluste, da sich die Temperatur des Mediums im Netz nahezu auf dem gleichen Niveau wie das Erdreich befindet und dadurch kein thermischer Übergang an das Erdreich erfolgt. Häufig wird das Netz der kalten Nahrwärme mit einer Sole gespeist, welche sich aus Wasser, Salz und einem Frostschutzmittel zusammensetzt, um das Einfrieren des Verdampfers der Wärmepumpe zu vermeiden. Dies ist nicht erforderlich, wenn beispielsweise bei Tiefengeothermie sichergestellt ist, dass ein gewisses Temperaturniveau vorliegt. Zudem hat dies den Vorteil der höheren Wärmeleitfähigkeit als bei einer Verwendung von Sole. Ein zusätzlicher Nutzen der kalten Nahrwärme besteht darin, dass das Netz günstiger ausfällt, da keine Dämmung der Rohrleitungen notwendig ist und eine passive Kühlung der Gebäude über eine Umkehrung des Wärmepumpenprozesses stattfinden kann.

5.3 Wasserstoff

Wasserstoff ist ein vielseitiger Energieträger, der in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden kann. In der Industrie wird Wasserstoff bereits lange zur Herstellung von Düngemitteln und zur Raffinierung von Mineralöl verwendet. Im Mobilitätssektor wird Wasserstoff als Antrieb für Fahrzeuge, Züge und in Forschungsprojekten sogar für Schiffe und Flugzeuge genutzt. Darüber hinaus kann Wasserstoff als chemischer Speicher von elektrischer Energie dienen, indem überschüssiger Strom für die Wasserstofferzeugung mittels Elektrolyse verwendet wird, was als Power-to-Gas bezeichnet wird. Der erzeugte Wasserstoff kann langfristig gespeichert werden und bspw. über ein Leitungsnetz oder Pipelines transportiert werden. Anschließend kann dieser bei Bedarf wieder emissionsfrei in Strom umgewandelt werden kann. Allerdings steht klimafreundlich erzeugter Wasserstoff derzeit nur in begrenztem Umfang zur Verfügung, weshalb der Einsatz in den kommenden Jahren auf Bereiche mit wenigen Alternativen priorisiert werden sollte. Zu diesen Bereichen zählen vor allem die Stahl- sowie Chemieindustrie.

Es ist zu beachten, dass Wasserstoff in reiner Form nicht vorkommt, und durch energetische Prozesse hergestellt werden muss. Zur Herstellung gibt es verschiedene Methoden. Eine Möglichkeit ist die Elektrolyse von Wasser, bei der Wasser mithilfe von Strom in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird. Wenn der Strom für die Elektrolyse aus erneuerbaren Energien stammt, spricht man von grünem Wasserstoff, da bei der Herstellung keine CO_2 -Emissionen anfallen. Es gibt auch andere Methoden zur Herstellung von Wasserstoff, bei denen fossile

Brennstoffe wie Erdgas oder Kohle als Ausgangsstoffe verwendet werden. Diese Methoden sind jedoch nicht CO₂-neutral. Die unterschiedlichen Herstellungsvarianten sind in [Tabelle 3](#) dargestellt.

Farbe	Herstellungsart	Energiequelle	CO ₂ -Emissionen	Bemerkung
Grauer Wasserstoff	Dampfreformierung von Erdgas	Fossiles Erdgas	Hoch	Derzeit am häufigsten verwendet; CO ₂ wird nicht abgeschieden.
Blauer Wasserstoff	Wie grauer, aber mit CO ₂ -Abscheidung (CCS)	Fossiles Erdgas + CCS	Mittel	CO ₂ wird gespeichert, aber nicht vollständig; umstritten.
Türkiser Wasserstoff	Pyrolyse von Methan → Wasserstoff + fester Kohlenstoff	Erdgas, hoher Strombedarf	Niedrig–Mittel	CO ₂ -frei, wenn Strom erneuerbar ist; Technologie noch im Aufbau.
Grüner Wasserstoff	Elektrolyse von Wasser	Erneuerbarer Strom	Sehr gering / Keine	Klimaneutral; bevorzugte Lösung für die Energiewende.
Gelber Wasserstoff	Elektrolyse mit Strom aus dem Netz (Mix)	Strommix (inkl. fossile Anteile)	Variabel (je nach Mix)	Übergangslösung; Emissionen hängen vom Strommix ab.
Pinker Wasserstoff	Elektrolyse mit Strom aus Kernenergie	Kernenergie	Sehr gering	In Ländern mit Atomkraft diskutiert; in DE kaum relevant.

Tabelle 3 Varianten "Farbe" von Wasserstoff

5.4 Speicherung

Als Energiespeicher bezeichnet man eine technische Anlage, die Energie aufnehmen und später wieder abgeben kann. In der Regel wird die Energie in der gleichen Form entnommen, wie sie eingespeichert wurde.

Die Kapazität von Energiespeichern, die eingespeist bzw. entnommen werden kann ist begrenzt. Dabei gelten Grenzen für die maximale Einspeise- bzw. Ausspeiseleistung. Bei der Speicherung von Energie treten beim Beladen auch beim Entladen Verluste auf. Somit ist eine direkte Nutzung von Energie immer effizienter als die Speicherung. Je nach Speichertyp ist darüber hinaus die maximale Ausspeicherung zu beachten, so nehmen z.B. Batteriespeicher schaden, wenn sie vollständig entleert werden.

Die Lebensdauer eines Speichers (vielmehr die Zeit, in der er seine maximale Ladekapazität hält) hängt von der Anzahl der Lade-/Entladezyklen sowie der Ein- bzw. Ausspeicherleistung ab.

Hier ist der Abstand so groß?

Es gibt Speicher für unterschiedliche Energieformen:

- für mechanische Energie: z. B. Schwungradspeicher, Speicher mit Federn oder Druckluft
- für elektrische Energie: z.B. Batterien, Pumpkraftwerke, Kondensatoren
- für Wärme (thermische Energie) oder auch Kälte: z. B. Warmwasserspeicher, Eisspeicher
- für chemische Energie: z. B. Brennstofflager, Wasserstoff, Methan, E-Fuels

Außerdem gibt es unterschiedliche Anwendungen für Energiespeicher:

- Speichern von überschüssig erzeugter Energie, um diese später wieder abzugeben
- Fluktuierende erneuerbare Einspeisungen und Strombedarf in Einklang bringen
- Wärmespeicher
- (Saisonale Speicher)
- Hier ist der Abstand so groß?

Energiespeicher lassen sich nicht nur nach Energieform, sondern auch nach dem Zeithorizont ihrer Nutzung unterscheiden. Kurzzeitspeicher kommen dann zum Einsatz, wenn schnelle Reaktionen erforderlich sind – etwa im Bereich von Millisekunden zur Frequenzstabilisierung im Stromnetz oder bis hin zu mehreren Minuten, Stunden oder wenigen Tagen zur Abdeckung kurzfristiger Lastspitzen oder zur Optimierung des Eigenverbrauchs von Photovoltaikanlagen.

Langzeitspeicher hingegen sind dafür ausgelegt, energetische Überschüsse über Wochen oder sogar Monate zu speichern – etwa, um saisonale Schwankungen zwischen Sommer und Winter auszugleichen. Hier kommen z. B. Wasserstoffspeicher, Großwärmespeicher oder Power-to-Gas-Technologien zum Einsatz. Diese Speicher spielen eine zentrale Rolle in der langfristigen Versorgungssicherheit bei einem hohen Anteil erneuerbarer Energien.

Eine ergänzende Rolle in diesem System übernehmen Elektroautos, die mit ihrer Batterie prinzipiell als dezentrale Kurzzeitspeicher dienen können. Im Rahmen von Vehicle-to-Grid Konzepten können sie Energie nicht nur aufnehmen, sondern auch gezielt ins Netz zurückspeisen. Damit tragen sie aktiv zur Netzstabilisierung bei.

Voraussetzung für das Zusammenspiel all dieser Speicherformen ist ein intelligentes Stromnetz (Smart Grid), das Energieflüsse in Echtzeit steuert, Lasten ausgleicht und Erzeugung sowie Verbrauch optimal verknüpft. So wird aus vielen dezentralen Komponenten ein stabiles, flexibles Gesamtsystem.