

Siedlungsprojekte und Quartierslösungen mit Wärmepumpe

Überblick

Anregungen

Referenzobjekte



WÄRMEPUMPE
HEIZEN IM GRÜNEN BEREICH



INHALT

Vorwort	3
Einleitung: Wärmekonzepte, die mit der Zukunft gehen	4
Netzlösungen	4
Elektrifizierung des Wärmesektors	5
Kalte Nahwärme	6
Förderung	7
KWK-Ausschreibungen	8
BWP-Fachpublikationen	8
Projektübersicht.....	9
Projekt 1 GREVEN	10
Projekt 2 BERLIN-KARLSHORST	12
Projekt 3 FRANKFURT AM MAIN	14
Projekt 4 BERLIN-LICHTERFELDE	16
Projekt 5 TROISDORF	18
Projekt 6 DOLLNSTEIN	19
Projekt 7 BODENMAIS	20
Projekt 8 LUDWIGSBURG	22
Projekt 9 BIBERACH	23
Projekt 10 DRAMMEN/NORWEGEN	24
Projekt 11 WIEN/ÖSTERREICH	25
Projekt 12 MÄNTSÄLÄ/FINNLAND	26
Projekt 13 SKJERN/DÄNEMARK	27





VORWORT

Mit diesem Heft möchten wir Ihnen einige Beispiele aus der Praxis vorstellen, bei denen die Wärmeverorgung ganzer Quartiere, Neubau wie Bestand, mithilfe von Wärmepumpen erfolgt.

Bei neugebauten Ein- und Zweifamilienhäusern ist die Wärmepumpe schon zum Standard-Heizgerät geworden. Anders sieht es hingegen bei Mehrfamilienhäusern, im gewerblichen Bereich und im Gebäudebestand aus. Hier wird die Wärmepumpe noch zu selten als ideale Technologie angesehen. Dabei ist das in vielen Fällen kein Problem, wie wir Ihnen in dieser Publikation zeigen möchten.

Gerade Kommunen, Projektentwickler, Stadtwerke und andere Energieversorger haben bei der Errichtung oder Modernisierung von Quartieren und Siedlungen die Chance, den Klimaschutz massiv voranzutreiben – und ganz nebenbei zukunftsfähige Geschäftsmodelle mit langfristigen Kundenbeziehungen zu etablieren.

Die Wärmepumpe wird im Geschossbau, in Wärmenetzen oder im Gewerbe vielerorts schon sehr erfolgreich eingesetzt. Ob Grundwasser, Abwasser, Nahwärme oder Kaskaden, für jedes Großobjekt lässt sich eine individuelle Lösung mit Wärmepumpe finden. Dabei kann die Wärmepumpe gleichzeitig auch zum Kühlen eingesetzt werden. Und das Beste: Geld vom Staat gibt es auch noch! Lassen Sie sich auf den folgenden Seiten inspirieren...

Ihr Martin Sabel
Geschäftsführer Bundesverband Wärmepumpe e. V.



WÄRMEKONZEPTE, DIE MIT DER ZUKUNFT GEHEN

Wärmenetzlösungen mit Wärmepumpen in Siedlungen und Quartieren

Wärmepumpen kennt man bisher vor allem als dezentrales Heizsystem – ein Einfamilienhaus, eine Wärmequelle, eine Wärmepumpe. Weniger bekannt ist: Auch als Teil von Wärmenetzen zur Versorgung ganzer Siedlungen oder Quartiere können Wärmepumpen eingesetzt werden. Diese intelligenten Lösungen erfreuen sich immer größerer Beliebtheit bei Städten, Kommunen und Projektträgern. Dabei wird die Wärme aus einer oder mehreren Wärmequellen gewonnen und dann durch ein Wärmenetz an die umliegenden Gebäude verteilt. So können beispielsweise eng bebaute Siedlungen regenerative Wärme nutzen, ohne auf jedem einzelnen Grundstück eine Wärmequelle erschließen zu müssen.

Um die Häuser auf diese Weise zu beheizen, bieten sich zwei Möglichkeiten an: Bei der klassischen Nahwärme wird die gewonnene Wärme mittels Großwärmepumpe zentral auf das benötigte Temperaturniveau gehoben und dann mittels Übergabestationen in die Heizsysteme der Häuser eingespeist. Die Temperaturen im Nahwärmenetz sind daher entsprechend hoch. Bei dieser Lösung steht im Gebäude selbst keine Wärmepumpe.

Eine Alternative ist die sogenannte Kalte Nahwärme. Dabei wird die Wärme auf niedrigem Temperaturniveau in das Netz gespeist und erst im Gebäude von einer Wärmepumpe auf die benötigte Temperatur gebracht. Die Wärmepumpe ersetzt bei diesem Konzept die Übergabestation. So können die Systemtemperaturen des Netzes niedrig gehalten werden. Wärmeverluste lassen sich auf diese Weise vermeiden und eine hohe Systemeffizienz wird sichergestellt. In einigen Stadtbezirken werden auf

diese Weise auch Neubaugebiete mit Bestandsquartieren verknüpft.

Es gibt eine Vielzahl denkbarer Wärmequellen:

- **Erdwärme, gewonnen durch Sonden oder Kollektoren**
- **Grundwasser, das über Brunnen nutzbar gemacht wird**
- **Abwärme von Kühlanlagen, Industriebetrieben, Rechenzentren o. ä.**
- **Abwasser, das mit konstant hoher Temperatur durch die Kanalisation fließt**
- **Solarthermie, insbesondere große Freiflächenanlagen**
- **Bioenergie- oder KWK-Anlagen**

Auch können mehrere Wärmequellen kombiniert werden und sich gegenseitig ergänzen.

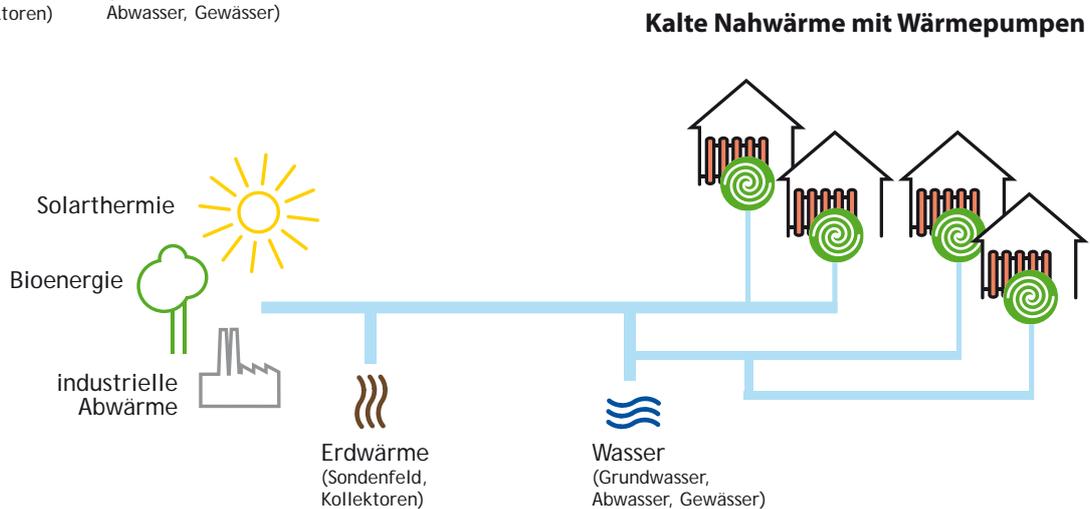
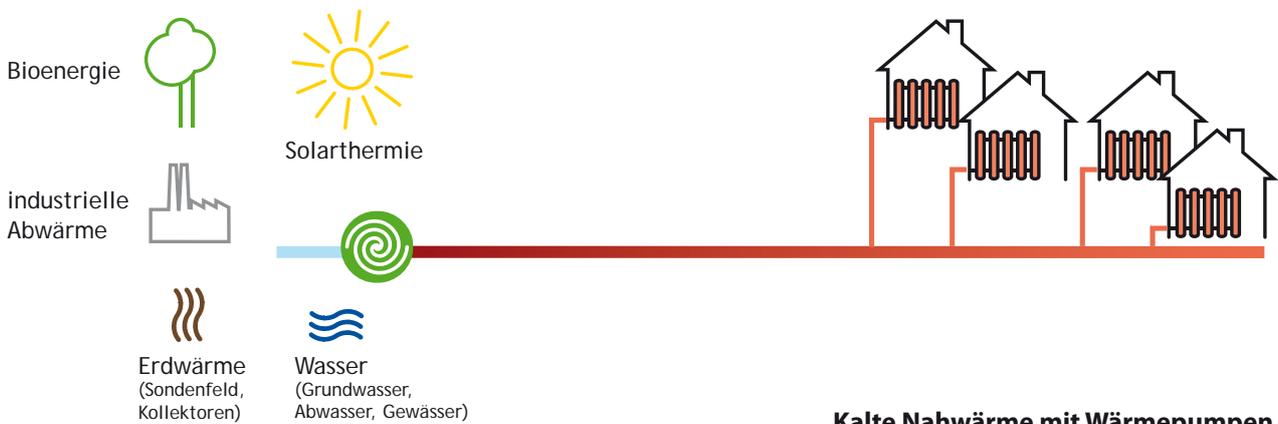
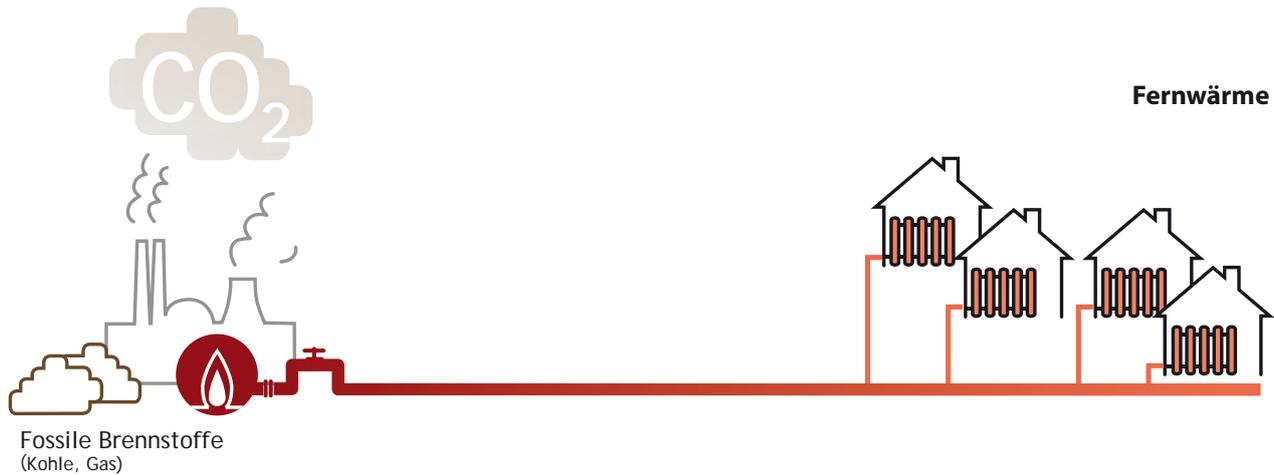
Viele Energieversorgungsunternehmen springen schon heute auf den Zug der Nahwärme auf, denn so können sie ganze Quartiere umweltfreundlich mit Wärme versorgen – mit vergleichsweise geringem Aufwand. Für Nahwärme mit Wärmepumpen kann auf fossile Wärmeträger verzichtet werden – das reduziert CO₂-Emissionen und sorgt für mehr Unabhängigkeit. Die Antriebsenergie Strom ist ohnehin in jedem Haus vorhanden und wird durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien täglich grüner.

Dekarbonisierung des Wärmesektors: Politisch gewollt, klimatechnisch notwendig

Der Einsatz von Wärmepumpen in Wärmenetzen, Quartieren und Siedlungen sowie in Industrie und Gewerbeparkprojekten ist ein entscheidender Baustein, um die Klimaschutzziele der Bundesregierung und Europas zu erreichen. Das Pariser Klimaschutzabkommen erfordert es, den Wärmesektor bis 2050 CO₂-frei zu machen. Bund, Länder und Kommunen,

Stadtwerke und Gewerbetreibende müssen hier mit gutem Beispiel vorangehen und Akzente setzen!

Zahlreiche Referenzprojekte zeigen, dass der Kombination unterschiedlicher Wärmequellen (Erdwärme, Grundwasser, Abwärme) und der Einbindung weiterer Energie- und Wärmeerzeuger (KWK, PV, Solarthermie) kaum Grenzen gesetzt sind.



Kalte Nahwärme - Kein Widerspruch, sondern Chance!

Ein Kaltes Nahwärmenetz verfügt über eine zentrale oder mehrere dezentrale Wärmequellen. Im Nahwärmenetz zirkuliert ein Wärmeträgermedium, meist ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel, welches die Wärme von der Wärmequelle aufnimmt. Bei einem Erdsondenfeld als Wärmequelle treten zum Beispiel ganzjährig konstante Temperaturen von zehn bis zwölf Grad Celsius auf. Die aufgenommene Wärmeenergie wird über eine Ringleitung zu den einzelnen Verbrauchern geführt. Die Gebäude docken mittels Wärmepumpe an diese

Ringleitung an und können die im Nahwärmenetz verfügbare Wärme auf ein zum Heizen erforderliches Temperaturniveau bringen. Neben der Heizung im Winter bietet das Netz auch die Möglichkeit, die Häuser im Sommer ökologisch und wirtschaftlich zu kühlen. Die Leitungen führen die in den sommerlich-warmen Innenräumen aufgenommene Wärme zurück ins Erdreich und können so zum Beispiel eine Regeneration eines Erdsondenfeldes gewährleisten.

Vorteile für Investoren

- Verwendung von ungedämmten, in Ringen angelieferten PE-Rohren
- Ringleitungen dienen zusätzlich als „Erdkollektoren“
- Durch den Gleichzeitigkeitsfaktor kann eine kleinere Wärmequelle gewählt werden
- Kühlung kann eine weitere Größenreduzierung der Wärmequelle ermöglichen
- Nur geringe zusätzliche Erdarbeiten, da die Verlegung der Erdleitungen parallel zu Wasser- und Abwasserleitungen erfolgen kann
- Netzausbau kann in die Erschließungskosten eingerechnet werden
- Keine Abnutzung der Rohrleitungen, hohe Lebensdauer
- Staatliche und regionale Förderungen

Vorteile für Netzbetreiber

- Geringe Betriebs- und Verbrauchskosten
- Langfristig planbare Energiekosten
- Keine Abhängigkeit von zusätzlichen Energie- oder Wärmelieferanten
- Hohe CO₂-Einsparung durch emissionsfreie Wärme- und Kältelieferung
- Einbindung in ein intelligentes Stromnetz (Smart Grid)
- Kundenbindung durch Lieferverträge
- Gesetzliche Vorschriften (EnEV / EEWärmeG) werden erfüllt

Vorteile für Endkunden

- Kein Investitionsrisiko bzw. verringerte Baukosten
- Je nach Abrechnungsmodell keine Investition für die Wärmeerzeugung
- Netzbetreiber gewährleistet Betriebssicherheit
- Gesetzliche Vorschriften (EnEV / EEWärmeG) werden erfüllt
- Monatliche Energiekostenabrechnung (optional)
- Keine Außenaufstellung nötig
- Heizen und Kühlen möglich (erhöhter Wohnkomfort)
- Fernwartung durch Netzbetreiber (optional)
- Einfache Heizkostenabrechnung und kalkulierbare Energiepreise
- Beitrag zum Umweltschutz, der sich im Laufe der Jahre noch erhöht

Marktanreizprogramm für Erneuerbare Energien

Wärmepumpen bis 100 kW können auch als Teil von Wärmenetzen einen klassischen MAP-Zuschuss vom BAFA erhalten. Es gelten dabei die bekannten technischen Anforderungen der Basis- bzw. Innovationsförderung. Es muss aber für jede einzelne Wärmepumpe ein eigener Antrag gestellt werden.

Im Programm Erneuerbare Energien Premium (KfW 271) werden die Errichtung von erdgekoppelten Großwärmepumpen über 100 kW Wärmeleistung

sowie die Errichtung von Wärmenetzen gefördert. Großwärmepumpen erhalten einen Tilgungszuschuss von max. 50.000 EUR sowie zusätzliche Zuschüsse für Erdwärmesonden. Wärmenetze werden mit max. 1 Mio. EUR Zuschuss gefördert.

Link zum BAFA: <http://www.bafa.de>



Förderung von nachhaltigen Wärmenetzen

Mit dem Programm „Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0“ ist seit dem 1. Juli 2017 erstmals eine systemische Förderung im Bereich der Wärmeinfrastruktur möglich. So sollen zukunftsfähige Wärmenetzsysteme gefördert werden, die den langfristigen Zielen der Energiewende besonders entsprechen.

Gefördert werden sowohl Machbarkeitsstudien als auch die Realisierung konkreter Projekte. Dabei

kann es sich um den Neubau eines Netzes oder um die Transformation bestehender (Teil-)Netze handeln. Die zuständige Behörde ist das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).

Die Förderungen aus dem Marktanreizprogramm und aus dem Programm Wärmenetze 4.0 sind nicht kumulierbar.

<p>Modul I: Machbarkeitsstudien</p>	<p style="text-align: right;">KOSTENÜBERNAHME</p> <p>Prüfung der Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes</p> <p>▶ 60 Prozent der förderfähigen Kosten, max. 600.000 EUR</p>								
<p>Modul II: Realisierung</p>	<p style="text-align: right;">KOSTENÜBERNAHME</p> <p>Zusätzlich: Informationsmaßnahmen</p> <p>▶ 80 Prozent der Kosten, max. 200.000 EUR für Informationsmaßnahmen zugunsten potenzieller Anschlussnehmer</p>	<p style="text-align: right;">KOSTENÜBERNAHME</p> <p>Zusätzlich: Wissenschaftliche Begleitung</p> <p>▶ 100 Prozent der Kosten, max. 1 Mio. Euro für wissenschaftliche Begleitung und Kommunikation der Erkenntnisse</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="466 1505 785 1774"> <p style="text-align: right;">PRÄMIE</p> <p>Prämie für Nachhaltigkeit:</p> <p>▶ bis zu 10 Prozent extra für das Gesamtsystem</p> <p>für Systeme mit hohen EE-Anteilen</p> </td> <td data-bbox="785 1505 1104 1774"> <p style="text-align: right;">PRÄMIE</p> <p>Prämie für Kosteneffizienz:</p> <p>▶ bis zu 10 Prozent extra für das Gesamtsystem</p> <p>für besonders wirtschaftliche Systeme</p> </td> <td data-bbox="1104 1505 1423 1774"> <p style="text-align: right;">FÖRDERUNG</p> <p>Sonderförderung für experimentelle Einzelkomponenten:</p> <p>▶ bis zu 75 Prozent der Kosten experimenteller Komponenten</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="3" data-bbox="466 1774 1423 2078"> <p style="text-align: right;">FÖRDERUNG</p> <p>▶ Grundförderung: Bis zu 30 Prozent der förderfähigen Kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 20-95 °C Netztemperatur ▪ mindestens 50 Prozent Erneuerbare Energien oder Abwärme, davon max. 50 Prozent Bioenergie ▪ Kosteneffizienz ▪ Wärmespeicher ▪ mind. 100 Abnahmestellen bzw. 3 GWh/a Wärmeabsatz ▪ Online Monitoring </td> </tr> </table>	<p style="text-align: right;">PRÄMIE</p> <p>Prämie für Nachhaltigkeit:</p> <p>▶ bis zu 10 Prozent extra für das Gesamtsystem</p> <p>für Systeme mit hohen EE-Anteilen</p>	<p style="text-align: right;">PRÄMIE</p> <p>Prämie für Kosteneffizienz:</p> <p>▶ bis zu 10 Prozent extra für das Gesamtsystem</p> <p>für besonders wirtschaftliche Systeme</p>	<p style="text-align: right;">FÖRDERUNG</p> <p>Sonderförderung für experimentelle Einzelkomponenten:</p> <p>▶ bis zu 75 Prozent der Kosten experimenteller Komponenten</p>	<p style="text-align: right;">FÖRDERUNG</p> <p>▶ Grundförderung: Bis zu 30 Prozent der förderfähigen Kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 20-95 °C Netztemperatur ▪ mindestens 50 Prozent Erneuerbare Energien oder Abwärme, davon max. 50 Prozent Bioenergie ▪ Kosteneffizienz ▪ Wärmespeicher ▪ mind. 100 Abnahmestellen bzw. 3 GWh/a Wärmeabsatz ▪ Online Monitoring 		
<p style="text-align: right;">PRÄMIE</p> <p>Prämie für Nachhaltigkeit:</p> <p>▶ bis zu 10 Prozent extra für das Gesamtsystem</p> <p>für Systeme mit hohen EE-Anteilen</p>	<p style="text-align: right;">PRÄMIE</p> <p>Prämie für Kosteneffizienz:</p> <p>▶ bis zu 10 Prozent extra für das Gesamtsystem</p> <p>für besonders wirtschaftliche Systeme</p>	<p style="text-align: right;">FÖRDERUNG</p> <p>Sonderförderung für experimentelle Einzelkomponenten:</p> <p>▶ bis zu 75 Prozent der Kosten experimenteller Komponenten</p>							
<p style="text-align: right;">FÖRDERUNG</p> <p>▶ Grundförderung: Bis zu 30 Prozent der förderfähigen Kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 20-95 °C Netztemperatur ▪ mindestens 50 Prozent Erneuerbare Energien oder Abwärme, davon max. 50 Prozent Bioenergie ▪ Kosteneffizienz ▪ Wärmespeicher ▪ mind. 100 Abnahmestellen bzw. 3 GWh/a Wärmeabsatz ▪ Online Monitoring 									

Ausschreibungen für innovative Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Als innovative Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) werden solche Anlagen bezeichnet, die besonders energieeffizient und flexibel sind. In Verbindung mit hohen Anteilen von Wärme aus erneuerbaren Energien (Solarthermie, Wärmepumpen, Geothermie) erzeugen diese Anlagen bedarfsgerecht KWK-Strom und Wärme.

Im Sommer 2017 hat der Bundestag die KWK-Ausschreibungsverordnung (KWKAusV) beschlossen. Seit dem 1. Dezember 2017 wird die KWK-Vergütung folglich nicht mehr gesetzlich festgelegt, sondern über ein Ausschreibungssystem ermittelt. Die KWKAusV enthält eine gesonderte Förderung für innovative KWK-Anlagen und soll der Kraft-Wärme-Kopplung Zukunftsperspektiven eröffnen bzw. die Nutzung erneuerbarer Energien in Wärmenetzen vorantreiben. Insgesamt werden bis zum Jahr 2021 jährlich 200 MW pro Jahr ausgeschrieben, wovon anfänglich 150 MW auf herkömmliche KWK und 50 MW auf innovative KWK entfallen.

Dieser Anteil wird bis zum Jahr 2021 jedoch auf 65 MW pro Jahr ansteigen.

Die KWKAusV legt fest, was innovative KWK-Anlagen auszeichnet. Innovative KWK müssen aus drei Komponenten bestehen: einer neuen oder modernisierten KWK-Anlage; einem erneuerbaren Wärmeerzeuger, um zu gewährleisten, dass die Menge innovativer Wärme im Gesamtsystem erhöht wird und einem elektrischen Wärmeerzeuger, durch den bei hohem Erzeugungsaufkommen die Last erhöht und somit das Netz entlastet werden kann.

Bei herkömmlichen KWK beträgt das höchste zulässige Ausschreibungsgebot 7 Cent/kWh, bei innovativen KWK-Anlagen kann der höchste Gebotswert bei 12 Cent/kWh liegen. Innovative KWK-Anlagen erhalten die Förderung über einen Zeitraum von 45.000 Vollbenutzungsstunden, wobei jährlich bis zu 3.500 Vollbenutzungsstunden gefördert werden.

Die erste Ausschreibungsrunde für innovative KWK-Anlagen findet zum 1. Juni 2018 statt.

Schneller Rat bei allen fachlichen Fragen

Die Entscheidung, eine Siedlung oder ein Quartier mithilfe von Wärmepumpen energieeffizient und umweltfreundlich mit Wärme zu versorgen, ist für jede Kommune, bzw. jeden Investor ein bedeutender Schritt nach vorne.

Damit das Projekt ein Erfolg wird, ist es wie in jedem Wärmeversorgungsprojekt besonders wichtig, bereits früh in der Planung mögliche Hindernisse zu identifizieren und zu überwinden. Dazu gehört unter anderem das Einhalten technischer und rechtlicher Vorgaben. Bei der Planung von Siedlungsprojekten und Quartierslösungen mit Wärmepumpen sind dies zum Beispiel:

- Umsetzung der Trinkwasserverordnung
- Einhaltung der Schallschutzrichtlinien
- Beachtung der energetischen Vorgaben.

Um auf jede fachliche Frage eine schnelle und sichere Antwort zu finden, stellt der Bundesverband Wärmepumpe auf **waermepumpe.de** eine umfangreiche Auswahl an Fachpublikationen zur Ansicht und zum Download zur Verfügung.

- Leitfaden Trinkwassererwärmung
- Leitfaden Hydraulik
- Leitfaden Schall
- Leitfaden Energieeffizienz
- Praxisratgeber Modernisieren mit Wärmepumpe
- Ratgeber Energieeinsparverordnung
- Ratgeber EU-Energielabel in der Praxis
- Förderratgeber Wärmepumpe

Link zu allen BWP-Fachpublikationen:

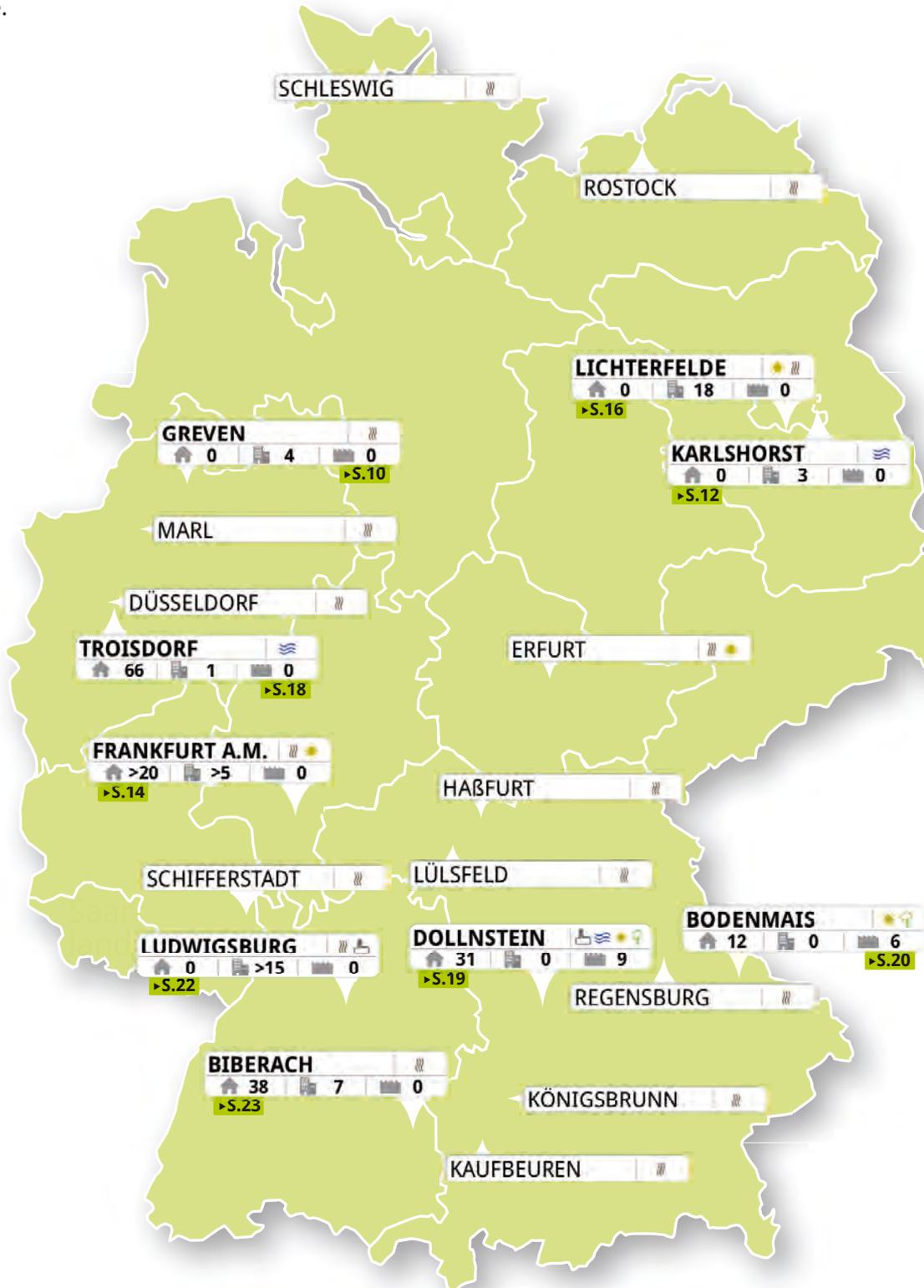
<http://www.waermepumpe.de/verband/publikationen/fachpublikationen>



Siedlungen und Quartiere mit Wärmepumpe

ORTE

Die hier aufgeführten Siedlungen und Quartiere stellen eine kleine Auswahl größerer Projekte mit Nutzung von Wärmepumpen dar. Die mit Seitenzahlen versehenen Projekte werden auf den Folgeseiten ausführlicher vorgestellt. Ihr Projekt fehlt? Sprechen Sie uns an! Unsere Kontaktdaten finden Sie auf dem Rücken dieser Broschüre.



WÄRMEQUELLEN

- Geothermie
- Grund-/ Meerwasser
- Solarthermie
- Ab- und Netzwärme
- Bioenergie

GEBÄUDETYPEN

- Ein- und Zweifamilienhäuser
- Mehrfamilienhäuser
- Industrie- und Gewerbegebäude

Europäische Projekte:

- DRAMMEN S.24
- WIEN S.25
- MÄNTSÄLÄ S.26
- SKJERN S.27

Klimaschutzsiedlung in NRW mit Erdwärme-Kaskade

In Greven (zwischen Osnabrück und Münster) entstand 2013 das Quartier „Wohnen am Ballenlager“ mit vier Mehrfamilienhäusern im Passivhausstandard, das in das Förderprogramm für Klimaschutzsiedlungen des Landes NRW aufgenommen wurde.

Herzstücke des energetischen Konzepts der Klimaschutzsiedlung sind drei große Sole/Wasser-Wärmepumpen, eine Photovoltaikanlage sowie eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die drei Wärmepumpen haben eine Wärmeleistung von bis zu 55,83 kW und sind in Kaskade geschaltet. 37 Erdsonden unter der Tiefgarage, die knapp 100 m tief reichen, liefern Wärme zur Beheizung über Fußbodenheizungen und zur Trinkwarmwassererwärmung aller 58 Wohnungen.

Im Sommer kann das System zur passiven Kühlung der Gebäude genutzt werden. Zwei Warmwasserspeicher und zwei Heizungspufferspeicher mit je 1.000 Litern Fassungsvermögen sorgen dafür, dass den Haushalten immer ausreichend warmes Wasser zur Verfügung steht. Zwei weitere Pufferspeicher à 1.500 Liter können in Wärme umgewandelten überschüssigen PV-Strom aufnehmen. Die Heizlast des Quartiers beträgt insgesamt 125 kW.



STECKBRIEF

Bauherren	Elke und Ulrich Riestenpatt-Richter, Ingolstadt
Quartierstyp	4 Mehrfamilienhäuser mit 58 Wohneinheiten
Versorgung	Nahwärme
Wärmequelle	Geothermie / Erdsondenfeld
Einbindung der Wärmepumpe	Zentral (3x1 Kaskade mit insgesamt 55,83 kW)
Jahresarbeitszahl	> 4
Heizlast des Quartiers	125 kW
Ökologie	Im Vergleich zu einem Gebäude mit konventioneller Heiztechnik werden pro Jahr 74 Tonnen klimaschädliches CO ₂ eingespart.

PROJEKT 1

GREVEN





Innovative Abwasser-Wärmepumpe beheizt Wohnblock

In Berlin Karlshorst wird ein Quartier von einer Abwasser-Wärmepumpenkaskade mit Heizwärme versorgt. Drei Wohnhäuser mit insgesamt 78 Wohneinheiten sind 2016 auf dem Gelände entstanden.

Sechs Sole/Wasser-Wärmepumpen mit einer Leistung von insgesamt 600 kW sind in Kaskade ge-

schaltet, um flexibel auf Heizbedarfsschwankungen zu reagieren. Die Trinkwassererwärmung erfolgt dezentral über elektronische Durchlauferhitzer. Zwei Gasbrennwertgeräte stehen lediglich für den Notbetrieb der Heizanlage bereit.

Auf einer Länge von knapp 80 Metern wurde ein Rohr-in-Rohr-System in der Abwasser-Druckleitung unter der angrenzenden Straße installiert. Das 12 bis 20 °C warme Abwasser wird durch das innere Rohr (Durchmesser 90 cm) gedrückt. Im rund vier Zentimeter starken Zwischenraum (Ringspalt) zum Außenrohr zirkuliert Wasser als Übertragungsmedium. Das Abwasser wird dabei um maximal zwei Grad abgekühlt. Für die Nutzung der Abwärme zahlt die betreibende Genossenschaft eine Vergütung an die Berliner Wasserbetriebe. Mittelfristig sollen auch die benachbarten Bestandsgebäude – mit Unterstützung eines zusätzlichen Blockheizkraftwerks – an die Wärmepumpenanlage angeschlossen werden.

STECKBRIEF

Bauherr	Erbbauverein Moabit Berlin eG
Quartierstyp	3 Mehrfamilienhäuser mit 78 Wohneinheiten
Versorgung	Großwärmepumpe (600 kW)
Wärmequelle	Abwasser (12–20 °C)
Einbindung der Wärmepumpe	Zentral (6x1 Kaskade)
Jahresarbeitszahl	6,2
Heizleistung des Systems	600 kW
Ökologie	Die jährliche Einsparung gegenüber einer herkömmlichen Gasheizung beträgt 35 Tonnen CO ₂ .

BERLIN-KARLSHORST





Nahwärmenetz in den Frankfurter Stadtgärten

Neben dem Henninger Turm entsteht seit 2013 auf vier Baufeldern ein großes Quartier „Stadtgärten“, das über ein Nahwärmenetz verfügt.

800 Wohneinheiten in mehreren Mehrfamilienhäusern hängen an dem Netz, welches aufgeteilt ist auf ein Hochtemperaturnetz (für Trinkwarmwasser) und ein Niedertemperaturnetz (für Heizwärme im Winter und Kühlung im Sommer). Verschiedene Energieträger bedienen das Netz mit Wärme. Das Herzstück bildet die 600 kW Erdwärmeanlage. 260 Erdsonden à 100 Meter Tiefe entnehmen dem Erdboden Wärme, die über die Wärmepumpe in das Nahwärmenetz eingespeist wird. Zusätzliche

Wärme liefert ein im System integriertes Gasbrennwertgerät, während ein lokales Blockheizkraftwerk den Strom für die Wärmepumpe liefert. Ein bivalentes Heizsystem entsteht. Ein zusätzlicher solarthermischer Kollektor ist an das Erdsondenfeld gekoppelt und erhöht so die Effizienz der Wärmepumpe.

Dezentrale solarthermische Anlagen auf den einzelnen Mehrfamilienhäusern unterstützen die Trinkwassererwärmung. Der Clou ist, dass jede einzelne Wohnung über eine eigene Übergabestation für Heizwärme und Warmwasser verfügt.

Die Fertigstellung des Projektes ist für 2019 geplant.

FRANKFURT AM MAIN



STECKBRIEF

Bauherr	Quartier am Henninger Turm GmbH & Co. KG
Quartierstyp	Vorwiegend Mehrfamilienhäuser
Versorgung	Nahwärme (35 °C)
Wärmequelle	Erdsondenfeld (0 – 17 °C), Solarthermie, BHKW, Gas
Einbindung der Wärmepumpe	Zentral (Groß-WP), dezentral (Übergabestationen in jeder Wohneinheit)
Jahresarbeitszahl	k.A. (im Bau)
Heizlast des Quartiers	1.450 kW
Ökologie	Die jährliche Einsparung an CO ₂ beträgt 420 Tonnen. Das entspricht einer Einsparung von 36 kWh/m ² pro Jahr.



“

Bei der CO₂-Einsparung liegen wir nach Informationen des planenden Ingenieurbüros bei ca. 2.300 t/a.

Durch das ausgeklügelte Gesamtkonzept mit dem saisonalen Erdenergiespeicher kann die Märkische Scholle eG Ihren Mietern sozialverträgliches Wohnen komplett regenerativ ermöglichen.

Ökologie und Ökonomie sind gemeinsam darstellbar, wenn offene Bauherren, clevere Planer und innovative Technik zusammentreffen.“



Axel Popp
Geschäftsführer
deematrix Energiesysteme GmbH



BERLIN-LICHTERFELDE

Energetische Modernisierung mit Erdspeichern in Berlin

Das Wohnquartier mit 18 Mehrfamilienhäusern in Berlin Lichterfelde-Süd wurde 2014 von der Wohnungsbaugenossenschaft Märkische Scholle eG auf KfW 85-Standard modernisiert.

Das neue Energiesystem der Siedlung, Baujahr 1930 und 1960, baut auf dem offenen Erdwärmespeicher auf, der gleichzeitig als geothermische Quelle dient. Dieser Energiespeicher befinden sich direkt neben jedem der sanierten Gebäude unter der Erdoberfläche und umfassen pro Gebäude ungefähr 400 Kubikmeter Erdreich. Der Erdspeicher ist nach unten zum angrenzenden Erdreich offen und wird nach oben und zu den Seiten hin so gedämmt, dass Wärmeverluste verhindert werden. So beträgt die Speicherkapazität inklusive des unterhalb liegenden Erdreichs zwischen 750 und 1.450 Kubikmetern.

Überschüssige Energie von den Solarkollektorfleichen auf den Dächern wird im Erdspeicher gespeichert und dient – zusammen mit der natürlichen Wärme im Erdreich – jeder Sole/Wasser-Wärmepumpe als Wärmequelle zum Heizen. Zusätzlich wird ein Warmwasserspeicher zur Deckung des Warmwasserbedarfs eingesetzt. Durch die solare Sole-Anhebung erreicht die Wärmepumpe eine Systemjahresarbeitszahl von 6,0.

Photovoltaik unterstützt das System stromseitig. Außerdem wird Abluftwärme nutzbar gemacht. Im Mittelpunkt des Systems steht zudem der dynamische Energie Manager (DEM), der alle Komponenten der Anlage intelligent auf den Verbrauch abstimmt.

STECKBRIEF

Bauherr	Wohnungsbaugenossenschaft Märkische Scholle eG
Quartierstyp	18 Mehrfamilienhäuser mit 841 Wohneinheiten
Versorgung	Nahwärme
Wärmequelle	Solar (Solarthermie, PV), Abluft, Erdspeicher (3 – 23 °C)
Einbindung der Wärmepumpe	Dezentral, 1 pro Gebäude
Systemjahresarbeitszahl	6,0
Vorheriges Heizsystem	Fernwärme
Ökologie	Jährliche CO ₂ -Einsparung von 2.300 Tonnen

TROISDORF

Grundwasser-Wärme versorgt Stadtgebiete in Troisdorf

Die Troisdorfer Stadtwerke haben seit 2015 die Neubaugebiete der „Grünen Kolonie“ und „Im Moselfeld“ an ein eigens errichtetes Kaltes Nahwärmenetz angeschlossen.

In dem System wird über zwei Förderbrunnen das rund 10 °C warme Grundwasser in ein unterirdisches Leitungsnetz eingespeist und zu den jeweils angeschlossenen Gebäuden geleitet. Dort wird dem Grundwasser mittels einer Sole/Wasser-Wärmepumpe die Wärmeenergie entzogen, die für Heizung und Warmwasser benötigt wird. Das abgekühlte Grundwasser wird dann über den Rücklauf des kalten Nahwärmenetzes zu einem von zwei Schluckbrunnen transportiert, über den es wieder in die Grundwasser führenden Schichten gelangt.

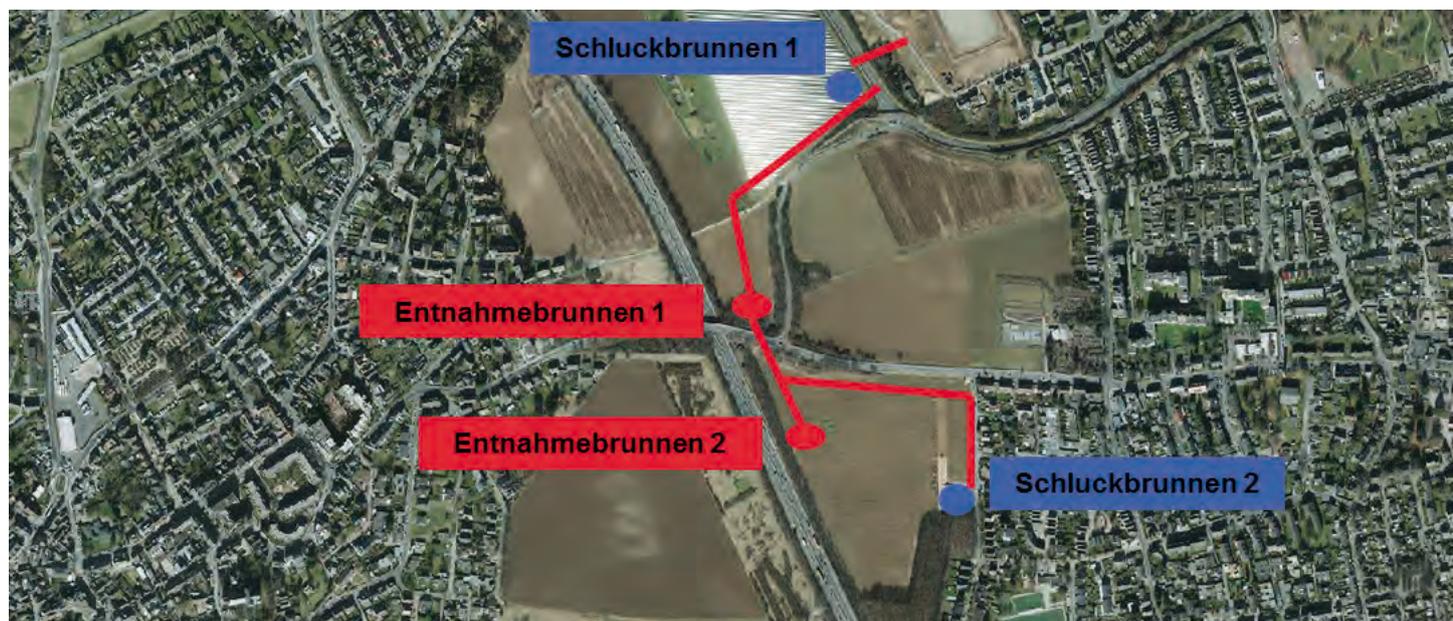


Das Grundwasser befindet sich in Troisdorf in etwa acht bis zehn Metern Tiefe.

Eines der Neubaugebiete wird komplett über Contracting der Stadtwerke Troisdorf versorgt; im anderen Gebiet beauftragten einige Eigentümer selbst den Einbau der Wärmepumpe. Bezieht der Teilnehmer Ökostrom, heizt er klimaneutral. Das Netz ist ein offenes System, dem sich weitere Abnehmer anschließen können.

STECKBRIEF

Energieversorger	Stadtwerke Troisdorf
Quartierstyp	66 Ein- und Zweifamilienhäuser, 1 Mehrfamilienhaus (6 WE)
Versorgung	Kalte Nahwärme
Wärmequelle	Grundwasser (10 – 12 °C)
Einbindung der Wärmepumpe	Dezentral (1 pro Haus, je 7,9 kW)
Jahresarbeitszahl	4,4
Ökonomie	Ca. 1.000 EUR jährliche Betriebskosten pro Einfamilienhaus



Flexible Wärme mit Zukunft

Seit 2014 versorgt ein kaltes Nahwärmenetz die Gemeinde Dollnstein in Oberbayern mit Heizwärme. Die 300-Seelen Gemeinde beabsichtigt so, ihren Energieaufwand künftig um rund 70 Prozent verringern zu können.

Im Mittelpunkt des Netzes steht die Heizzentrale mit zwei großen Schichtenspeichern: Ein zentraler 27.000 Liter Pufferspeicher mit ca. 80 °C sowie ein 15.000 Liter Niedertemperatur-Speicher mit ca. 25 °C. Der zentrale Schichtenspeicher wird größtenteils über eine 440 kW Grundwasser-Wärmepumpe in Kombination mit einer Solarthermie-Anlage gespeist. Rund 100 m² Solarthermie-Kollektoren auf dem Dach der Heizzentrale sorgen für eine Anhebung der Temperatur des 10 °C warmen Grundwassers im zwischengeschalteten Quellspeicher.

Zweiter großer Wärmelieferant für den zentralen Speicher ist ein Flüssiggas-Blockheizkraftwerk mit 250 kW thermischer und 150 kW elektrischer Leistung für den Strombetrieb der Wärmepumpe sowie einem Gas-Spitzenlastkessel mit 300 kW.

Alle Komponenten sind über eine zentrale Gebäudeleittechnik miteinander verbunden. Insgesamt 1,3 Millionen Euro investierte die Gemeinde Dollnstein. Der wirtschaftliche Betrieb des Netzes ist bereits sichergestellt, da der dafür notwendige Mindestverbrauch von jährlich 1 Million kWh durch die hohe Anschlussquote übertroffen wird.



STECKBRIEF

Bauherr	Kommunalunternehmen Energie Dollnstein AdÖR
Quartierstyp	2 Gewerbeeinheiten, 7 kommunale Einheiten, 31 Ein- und Zweifamilienhäuser
Versorgung	Nahwärme (25 – 80 °C)
Wärmequelle	Grundwasser, Flüssiggas-BHKW, Solarthermie
Einbindung der Wärmepumpe	1x zentral (Groß-WP), 42x dezentral
Jahresarbeitszahl	2,5 – 3 (Groß-WP), 5 – 7 (dezentrale WP)
Heizlast des Quartiers	1.000 kW
Ökologie	Jährliche Einsparung von 30 – 50 Prozent der Primärenergie gegenüber den vorherigen Heizsystemen.



Nahwärme im bayerischen Bodenmais

Die beschauliche niederbayerische Gemeinde Bodenmais im Bayerischen Wald verfügt seit 2015 als eine der ersten Gemeinden in Deutschland über ein kaltes Nahwärmenetz. Das in einer Mischstruktur angelegte Gewerbegebiet hat sich sowohl mit seinen Privathaushalten als auch mit den anässigen Gewerbetreibenden dazu entschlossen, seine Wärmeversorgung über diese neue, äußerst innovative regenerative Technologie laufen zu lassen. Unter den Anlussteilnehmern befinden sich die Dorfbäckerei, eine Tankstelle und die Pizzeria im Ortskern genauso wie 12 private Ein- und Mehrfamilienhäuser. Insgesamt erstreckt sich die autarke Energieversorgung der Anlussteilnehmer über eine Fläche von 50.000 m².

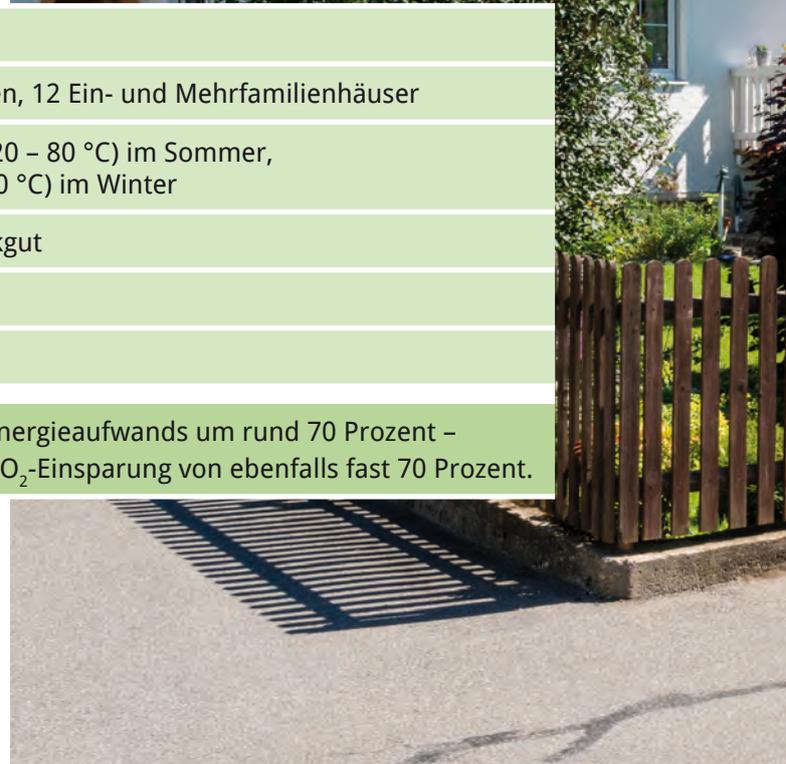
Die Netztemperatur wird in Bodenmais von April bis Oktober auf 20 bis 40 °C abgesenkt. Mit einem solchen „kalten“ Betriebsmodus lässt sich der Wärmebedarf der Anlussteilnehmer in der warmen Jahreszeit vollständig durch erneuerbare Energien abdecken – hier durch eine Hackgut-Anlage und 110 m² Solarthermie-Kollektoren an der Außenfassade der Heizzentrale. Mit fast fünf Stunden Sonnenscheindauer/Tag liegt die Region Bodenmais gut 10 Prozent über dem Jahresdurchschnitt im Bundesgebiet, so dass eine effiziente Auslastung der Solar-Kollektoren gewährleistet ist. Die Heizzentrale wird komplettiert durch einen leistungsstarken Pufferspeicher mit einem Fassungsvermögen von 25.000 Litern.

Hinzu kommen in der Peripherie für jeden der bisher 19 angeschlossenen Haushalte bzw. Gewerbetreibenden jeweils eine Wärmepumpe als Übergabestation sowie ein Speicher mit mindestens 500 Liter Fassungsvermögen. Die Wärmepumpen sind dabei jeweils auf ca. 50 Prozent der jeweiligen Gebäudeheizlast ausgelegt. Alle Komponenten sind über eine Datenleitung miteinander verbunden und können sich somit, dank einer hochkomplexen Regelungstechnik, über die jeweilige Wärmebereitstellung und den Bedarf der Verbraucher informieren.



STECKBRIEF

Bauherren	Fa. Zelzer
Quartierstyp	6 Gewerbeeinheiten, 12 Ein- und Mehrfamilienhäuser
Versorgung	Kalte Nahwärme (20 – 80 °C) im Sommer, Nahwärme (70 – 80 °C) im Winter
Wärmequelle	Solarthermie, Hackgut
Einbindung der Wärmepumpe	Dezentral (18x)
Vorheriges Heizsystem	Öl- und Gaskessel
Wirtschaftlichkeit und Ökologie	Reduzierung des Energieaufwands um rund 70 Prozent – bei gleichzeitiger CO ₂ -Einsparung von ebenfalls fast 70 Prozent.



BODENMAIS



LUDWIGSBURG

Nahwärmeversorgung mit Erd- und Abwärme

Im Quartier Ludwigsburg werden die positiven Effekte der Nutzung von Erd- und Abwärme gebündelt: Ein zentrales Erdwärmesondenfeld mit 50 Erdsonden gewinnt in 100 bis 130 m Tiefe Wärme, die von einer Wärmepumpe mit einem Deckungsanteil von 25 Prozent nutzbar gemacht wird.

Zusätzliche Wärme wird aus der Abwärme des Blockheizkraftwerkes mit einem Deckungsanteil von 40 Prozent gewonnen. Die Spitzenlasten und die Redundanzabsicherung werden durch zwei Gas-Brennwert-Doppelheizkessel mit einem Deckungsanteil von 35 Prozent gewährleistet.

STECKBRIEF

Eigentümer	Stadt Ludwigsburg
Versorgungsunternehmen	Tewag GmbH
Quartierstyp	Kalte Nahwärme / Stadtquartier
Wärmenetz	Mitteltemperaturnetz mit 70 °C Vorlauf- und circa 40 °C Rücklauf-temperatur
Wärmequelle	Zentrales Erdsondenfeld, BHKW, Abwärme, Spitzenlastgaskessel
Einbindung der Wärmepumpe	Zentral (214 kW)
Ökologie	jährliche Einsparung von CO ₂ -Emissionen 165 Tonnen



Kalte Nahwärme unter der Streuobstwiese

In einem Neubaugebiet am Stadtrand von Biberach stehen Einfamilienhäuser, Reihenhäuser und Mehrfamilienhäuser. Bei der Planung spielte der Umwelt- und Klimaschutz eine große Rolle. Die Stadt hatte für die neue Siedlung die Nutzung regenerativer Wärme vorgeschrieben.

Auf einer angrenzenden Obstwiese installierte der Energieversorger 35 Erdwärmesonden in 200 m Tiefe. In den Rohren zirkuliert Sole, die sich erwärmt und mit einer anfänglichen Temperatur von 14 °C von einer Technikzentrale an ein Kaltes Nahwärmenetz übergeben wird, das rund 2,4 km lang ist. Das Rohrnetz dient dabei gleichzeitig als Horizontalkollektor. Es nimmt Wärme aus dem umgebenden Erdreich auf und kann so das Baugebiet bei geringer Wärmenachfrage bis zu einer Vorlauftemperatur von 5 °C versorgen. Das Sondenfeld schaltet sich dann zu, wenn die Vorlauftemperatur weiter absinkt.

Vom Wärmenetz führen Netzanschlussleitungen zu den einzelnen Grundstücken. In den Niedrigenergiehäusern wird die Wärme über eine Anschlusseinheit im Heizraum an eine Wärmepumpe übergeben. Sie erhöht das Temperaturniveau zum Betrieb von Flächenheizungen und zur Trinkwassererwärmung. Auch aktive oder passive Kühlung mit der Wärmepumpe ist möglich.



STECKBRIEF

Versorgungsunternehmen	e.wa riss GmbH & Co. KG
Quartierstyp	25 Einfamilienhäuser, 13 Reihenhäuser, 7 Mehrfamilienhäuser
Quelltemperaturen	5 °C
Wärmequelle	Zentrales Sondenfeld: 35 Erdsonden à 200 m Tiefe
Einbindung der Wärmepumpe	Dezentrale Wärmepumpen
Jahresarbeitszahl	4,5
Installierte Gesamt-Leistung	300 kW
Ökologie	Gegenüber einer Versorgung mit Gas und Solarthermie sinken die jährlichen CO ₂ -Emissionen um 56 Prozent. Wird für den Betrieb der Wärmepumpe regenerativ erzeugter Strom genutzt, wie vom Versorger vorgesehen, geht der Ausstoß von CO ₂ gegen Null.



DRAMMEN

NORWEGEN

Norwegische Fernwärme mit Wärmepumpe

Im norwegischen Drammen steht eine Hochtemperatur-Großwärmepumpe und speist Wärme in das dortige Fernwärmenetz ein, aus dem ein Großteil der Innenstadt mit Heizwärme und Trinkwarmwasser versorgt wird.

Als Wärmequelle dient das Meerwasser im Drammensfjord, das in 40 m Tiefe fast konstant 8 °C aufweist. Die Großwärmepumpe kühlt das Meerwasser auf 4 °C ab und pumpt die entnommene Wärme auf rund 90 °C „hoch“. Dabei sind drei Mal zwei Wärmepumpen (beide zusammen 4,5 MW) in Kaskade geschaltet und leisten zwischen 2 MW (im Sommer) und 13,2 MW (im Winter). Die Großwärmepumpe liefert rund 85 Prozent der Fernwärme, den Rest stellen Biomasse und Gaskessel.



In Drammen besteht Anschlusspflicht an das Fernwärmenetz für alle neuen Gebäude ab 1.000 m².

Durch den Einsatz des natürlichen Kältemittels Ammoniak und der Nutzung von Strom aus Wasserkraft, ist die Anlage praktisch klimaneutral. Doch auch wirtschaftlich lohnt sich das Projekt: Mit Betriebskosten von 659.000 Euro im Jahr spart die Anlage jedes Jahr 2,69 Mio. Euro gegenüber einer Gas-Installation ein.

STECKBRIEF

Eigentümer	Drammen Fjernvarme KS
Quartierstyp	Innenstadt mit über 200 großen Gebäuden (> 1.000 m ²)
Quartier/Siedlung	Fernwärme (ca. 90 °C)
Wärmequelle	Meerwasser (8 - 9 °C, aus 40 m Tiefe)
Einbindung der Wärmepumpe	Zentral (13,2 MW Groß-WP in 3x2 Kaskaden)
COP-Wert	2,8 - 3,05
Installierte Leistung Fernwärme	45 MW
Ökologie	Die jährliche CO ₂ -Einsparung beträgt 15.000 Tonnen pro Jahr gegenüber Gas.
Ökonomie	Jährliche Einsparung an Betriebskosten von 2,69 Millionen Euro gegenüber einer Gas-Installation.



Fernwärmenetz mit Großwärmepumpe

In Wien befindet sich eines der größten Fernwärmenetze in Europa. Rund 370.000 Haushalte und 6.800 Großabnehmer werden mit Wärme bzw. Kälte durch das Fernwärmenetz insgesamt versorgt.

Das Fernwärmenetz teilt sich in ein Primär-Verbundnetz (max. 28,5 bar und 180 °C) und eine Vielzahl von Sekundärnetzen (max. 10 bar und 95 °C) auf. Wärmequellen für das Primärnetz sind u.a. Abfallverbrennung, Kraft-Wärme-Kopplung, Fernheizwerke und Biomasse.

Der Anteil erneuerbarer Energieträger lag 2016 bei 21,5 Prozent. Immer wieder wird das Netz erweitert. So speist seit Ende 2016 eine Waffelproduktion Abwärme ins Wiener Fernwärmenetz ein, die rund 600 Haushalte in näherer Umgebung versorgt. Eine Anlage zur Nutzbarmachung der Umweltwärme aus dem Donaukanal befindet sich in Bau.

Im Pilotprojekt „District Boost“ wurde nun die Einspeisung mittels Großwärmepumpe in ein Sekundärnetz erprobt, welches zwei Wohnquartiere versorgt, um in Zukunft zusätzliche Abnehmer in bereits ausgelasteten Netzabschnitten versorgen zu können.

STECKBRIEF

Eigentümer	Wien Energie GmbH
Quartierstyp	2 Wohnquartiere (nur Projekt District Boost)
Austrittstemperaturen Wärmepumpe	65°C – 75 °C, für Testzwecke bis 90 °C
Wärmequelle	über geregelten Wärmeüberträger aus dem Rücklauf des Primärnetzes (35 °C – 50 °C)
Einbindung der Wärmepumpe	250 kW Großwärmepumpe in ein Sekundärnetz
COP-Wert	5,80
Installierte Gesamtleistung Fernwärme	2.852 MW (Stand 2016)
Ökologie	Das Wiener Modell spart jährlich bis zu drei Millionen Tonnen CO ₂ ein.



Kühle Rechner, warme Wohnungen in Finnland

In Mäntsälä wird ein Fernwärmenetz mit der Abwärme beheizt, die im Rechenzentrum eines internationalen Suchmaschinendienstes bei der Kühlung der Rechner entsteht.

Dafür wird die Wärme von der Luft auf ein flüssiges Wärmeträgermedium übertragen. Die für hohe Temperaturen optimierten Wärmepumpen (insgesamt 4 MW) des Fernwärmekraftwerks heben die Wassertemperatur von 40 °C auf 85 °C an.

Derzeit werden rund 1.500 Häuser der Kleinstadt mit 20.000 Einwohner mit Fernwärme versorgt. In der Zukunft sollen es 4.000 Häuser sein.



STECKBRIEF

Eigentümer	Mäntsälän Kunta
Quartierstyp	Stadt mit derzeit 1.500 angeschlossenen Gebäuden
Quartier/Siedlung	Fernwärme (ca. 85 °C)
Wärmequelle	Abwärme Rechenzentrum (40 °C)
Einbindung der Wärmepumpe	Zentral (4 MW)
COP-Wert	3,4
Installierte Leistung Fernwärme	3,6 MW

Ökologie Nach der Komplettierung des Projekts sollen jährlich 22.000 Tonnen CO₂ eingespart werden.



Abwärme der Papierfabrik heizt Quartier in Dänemark

Im dänischen Westjütland wird die Abwärme der Papierfabrik von Skjern genutzt, um einen großen Teil der 8.000 Einwohner mit Fernwärme zu versorgen.

Die ursprünglich installierte Anlage mit 3,9 MW wurde nach der Fertigstellung 2014 nochmals ergänzt, sodass nun eine Gesamtkapazität von 5,2 MW zur Verfügung steht. Die Wärmepumpen heben die Abwärme von 28 °C – 33 °C auf 70 °C an.

Gemeinsam mit der direkten Einspeisung von Abwärme erreicht das Fernwärmekraftwerk so einen COP-Wert zwischen 6,5 und 7.

Das Fernwärmenetz deckt derzeit 60 Prozent der Gemeinde ab. Insgesamt wurden 2015 rund 40 GWh Wärmeleistung verkauft. Diese Zahl soll in den kommenden Jahren auf bis zu 45 GWh optimiert werden.

STECKBRIEF

Eigentümer	Skjern Papirfabrik A/S
Quartierstyp	Stadt mit 8.000 Einwohnern / 60 Prozent Fernwärmenetz
Wärmequelle	Raumwärme
Einbindung der Wärmepumpe	Zentral (5,2 MW Gesamtkapazität)
COP-Wert Fernwärmekraftwerk	6,5 - 7
Ökologie	Jährlich werden ca. 8.200 Tonnen CO ₂ eingespart.



Eine Kampagne des



Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.

Hauptstraße 3

10827 Berlin

Telefon: 030 208 799 711

E-Mail: info@waermepumpe.de

© Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.

www.waermepumpe.de



IMPRESSUM

Die Inhalte der Broschüre wurden sorgfältig erarbeitet. Dabei wurde Wert auf zutreffende und aktuelle Informationen gelegt. Dennoch ist jegliche Haftung für Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Informationen ausgeschlossen.

Redaktion: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.

Layout/Grafiken: Marit Roloff Grafik Design, Berlin;

Tony Krönert, BWP Marketing & Service GmbH

Quellennachweis: Stadtwerke Troisdorf, BWP e.V., European Heat Pump Association AISBL, Ratiotherm Heizung +Solartechnik GmbH & Co. KG, Stiebel Eltron GmbH & Co. KG, tewag GmbH, deematrix Energiesysteme GmbH, Ochsner Wärmepumpen GmbH, Wien Energie GmbH, Calefa Oy, Baugrund Süd Gesellschaft für Geothermie mbH, Skjern Papirfabrik A/S,

Stand: 04-2018